CONSEIL D'ORIENTATION DES RETRAITES

Séance plénière du 5 mars 2020 à 9h30

« Point sur les modèles de microsimulation »

Document N° 8

Document de travail,
n'engage pas le Conseil

Note synthétique sur le modèle de microsimulation TRAJECTOIRE de la DREES

DREES, bureau des retraites



Ministère de l'économie et des finances Ministère des solidarités et de la santé Ministère du travail

Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques Sous-direction de l'observation de la

Bureau des retraites

solidarité

Dossier suivi par : Gabin Langevin Tel : +33 (0) 1 40 56 82 71 Mél : gabin.langevin@sante.gouv.fr

Dossier suivi par : Pierre Cheloudko Tel : +33 (0) 1 40 56 81 77

Mél : pierre.cheloudko@sante.gouv.fr

Dossier suivi par: Franck Arnaud Tel: +33 (0) 1 40 56 85 33 Mél: franck.arnaud@sante.gouv.fr Paris, le 13 février 2020 DREES-BRET N°20-07

Objet : Note synthétique sur le modèle de microsimulation TRAJECTOIRE de la DREES

Parmi les outils disponibles pour l'évaluation des politiques publiques, les modèles de microsimulation sont largement utilisés dans le domaine des retraites, pour apprécier *ex ante* les effets (budgétaires, redistributifs, etc.) de mesures ou réformes. La complexité et les nombreuses non-linéarités du système de retraite rendent nécessaires l'emploi de tels modèles pour mettre en évidence les effets individuels mais également pour les impacts globaux (financiers, par exemple). Ils sont complémentaires et enrichissent les analyses sur cas types. En particulier, ils tiennent compte de l'hétérogénéité des trajectoires individuelles, dont ne permettent pas de rendre compte les analyses de cas types. La DREES a développé un modèle de microsimulation dynamique, TRAJECTOiRE, utilisé à des fins d'études ou pour la simulation de réformes, paramétriques ou systémiques. Comme ses équivalents (Prisme à la Cnav, Destinie à l'Insee, etc.), TRAJECTOiRE est organisé par modules, que ce document présente de façon globale : sources, architecture, validation. Parmi les études réalisées avec le modèle TRAJECTOiRE, une sur l'analyse des différences de retraite entre secteur public et privé est présentée.

Le modèle TRAJECTOiRE évolue de façon permanente. Des améliorations sont apportées sur les carrières, l'implémentation des règles du système de retraite, la modélisation des départs à la retraite, etc. Cette note décrit la version utilisée au début de l'année 2020.

Franck ARNAUD
Chef du bureau Retraites

Adresse postale : 14 avenue Duquesne 75350 PARIS 07 SP Adresse visiteurs : 10 - 18, place des cinq martyrs du lycée Buffon - 75014 PARIS http://www.social-sante.gouv.fr/

1. Présentation générale du modèle

i. Caractéristiques principales

Pour analyser le système de retraite français, il est essentiel de prendre en compte l'ensemble des dimensions qui le caractérisent : pluralité des régimes, pluralité des règles, pluralité des carrières. Le modèle TRAJECTOIRE (TRAJectoire de Carrière TOus REgimes) est un modèle de simulation sur les retraites comprenant toute la population (résident ou non en France), tous les régimes de retraite français (base et complémentaires) et basé sur des sources administratives issues des données de gestion des différentes caisses de retraite.

En effet, ce modèle repose notamment sur les données produites par la DREES, service statistique ministériel (SSM) du ministère des Solidarités et de la Santé, comme l'échantillon interrégimes de retraités (EIR) et l'échantillon interrégimes de cotisants (EIC). Chacune de ces sources rassemble, pour un échantillon représentatif de la population des affiliés au système de retraite français, des informations sur la retraite (montants de pensions, trimestres validés, points accumulés, etc.) pour la quasi-totalité des régimes de retraite français.

Les deux échantillons interrégimes constituent des sources privilégiées pour modéliser le système de retraite français. D'une part, l'EIC retrace finement les trajectoires professionnelles et les droits acquis par un échantillon représentatif d'assurés. L'objectif de fournir une base utilisable pour des modélisations faisait partie des finalités données à l'EIC dès sa création, puisque celles-ci incluaient non seulement de « connaître précisément les droits acquis en matière de retraite pour les générations d'âge actif », mais aussi de « simuler les retraites futures et d'analyser leurs effets sur l'équilibre financier du système de retraite ». D'autre part, certains individus étant communs à l'EIR et à l'EIC, il est possible de mettre en perspective les carrières et parcours professionnels des assurés avec leur situation au moment de la retraite (âge de départ à la retraite, niveau de la pension, etc.) et donc de connaître les choix des assurés en termes d'âge de départ à la retraite.

TRAJECTOiRE modélise l'ensemble des assurés des régimes de retraite publics obligatoires français. Sur ce champ, le modèle estime les pensions de droit direct des mêmes régimes ; il ne modélise donc ni la réversion, ni la retraite supplémentaire (Perco, PERP, articles 39 et 83, etc.), ni les pensions versées par des régimes étrangers. En outre, les autres revenus des individus ne sont également pas modélisés.

ii. Objectifs du modèle

Le modèle TRAJECTOIRE projette les carrières professionnelles d'un échantillon d'individus et calcule leur pension de retraite de droit direct. La richesse des données individuelles qu'il contient (sur la carrière et la pension de retraite) explique les nombreuses sollicitations dont il a fait l'objet, notamment pour éclairer les politiques publiques. Le modèle TRAJECTOIRE a ainsi été fortement mobilisé dans le cadre de la préparation de la réforme des retraites de 2014, notamment concernant la mise en œuvre de la liquidation unique des régimes alignés (LURA). Il est aussi régulièrement sollicité pour répondre à de nombreuses questions soulevées lors des séances du Conseil d'Orientation des Retraites (COR) ou du Comité de Suivi des Retraites (CSR). Il a été mis à contribution pour alimenter des rapports comme celui de la Cour des Comptes consacré aux effets des réformes du système de retraite (2016) ou celui de Bertrand Fragonard, à l'époque président du Haut Conseil à la Famille (HCF), dédié aux droits familiaux de retraite. Récemment, le modèle a été fortement mobilisé dans le cadre des travaux préparatoires à la mise en place d'un système universel en points.

iii. Intérêt de la modélisation par microsimulation

Le système de retraite français se caractérise par une très grande complexité; en outre, de façon générale, les règles des systèmes de retraite sont non linéaires. Le système de retraite français juxtapose plus d'une quarantaine régimes de retraite différents dont les règles d'accumulation des droits, de calcul des pensions, voire les conditions pour partir à la retraite ne sont pas

intégralement harmonisées¹. Au sein même de chaque régime la réglementation varie avec la date de naissance de l'assuré et éventuellement la date à laquelle il fait valoir ses droits à retraite. La trajectoire financière des régimes est en outre très dépendante des paramètres macroéconomiques (le taux de chômage et la croissance des revenus d'activité, notamment) et démographiques (l'immigration, la fécondité et l'espérance de vie) (COR, 2019).

Pour faire face au vieillissement de la population, à l'augmentation de l'espérance de vie, et améliorer le fonctionnement du système de retraite, les pouvoirs publics et les partenaires sociaux ont engagé des réformes profondes du système de retraite au cours de ces dernières années (1993, 2003, 2008, 2010, 2011, 2014, 2015).

Ainsi, que ce soit pour éclairer le législateur dans le cadre du pilotage du système ou pour fournir des informations destinées à d'autres publics (administrations, citoyens, etc.), il est indispensable de disposer d'outils qui modélisent le plus finement possible, à la fois la pluralité des parcours des assurés sur un horizon temporel relativement long et la réglementation en matière de retraite avec toutes les non-linéarités intrinsèques aux règles de calcul des droits. Les modèles de microsimulation répondent parfaitement à cet objectif. Par ailleurs, la microsimulation permet une analyse fine des mécanismes redistributifs du système de retraite.

En interne, la DREES disposait déjà au début des années 2000 d'une maquette agrégée pour procéder à des projections à long terme du système de retraite. Néanmoins, le besoin croissant de projections détaillées, la richesse des nouvelles sources (le premier EIC date de 2001), créées dans une optique de construction d'un outil de simulation et permettant de s'appuyer sur une description des carrières réellement cohérente avec les droits connus par les régimes de retraite (plutôt qu'issue d'une information rétrospective déclarée dans une enquête), ainsi que l'ambition d'assurer au mieux ses missions d'éclairage des politiques publiques et de production d'études ont conduit à entreprendre, dès la fin des années 2000 le développement d'un modèle de microsimulation dynamique du système de retraite français. Entre-temps, les équipes de la DREES se sont d'abord dotées d'un outil intermédiaire : le modèle PROMESS (PROjection MESo du Système de retraite) conçu pour modéliser les fins de carrière des assurés (Aubert, Duc et Ducoudré, 2010) et, notamment, utilisé dans le cadre de la préparation la mesure de relèvement de 60 à 62 ans de l'âge légal d'ouverture des droits à retraite et de 65 à 67 ans de l'âge d'annulation de la décote pour la réforme des retraites de 2010. Il s'agissait alors d'un modèle qualifié de « méso » au sens où il fonctionnait sur la base de « briques de base élémentaires » rassemblant des personnes selon leurs caractéristiques principales (génération, sexe, lieu de naissance, durée validée, etc).

La microsimulation des retraites est nécessairement dynamique (Legendre, 2019). Dans TRAJECTOiRE (comme dans les autres modèles de microsimulation de retraite), des comportements sont modélisés à deux étapes : pour la projection des carrières et pour le choix de l'âge de liquidation. Le modèle est dit dynamique car les modifications simulées peuvent affecter la projection des carrières et l'âge de départ à la retraite des individus. Par exemple, quand la durée d'assurance requise augmente, les assurés décalent leur départ à la retraite.

2. Sources et architecture du modèle

Le modèle TRAJECTOIRE repose de façon essentielle sur l'échantillon interrégimes de cotisants, mais il exploite également de nombreuses autres sources d'informations, comme l'échantillon interrégimes de retraites, des données démographiques et macroéconomiques (en projection notamment). Cette partie décrit les principales sources utilisées, les imputations réalisées ainsi que les méthodes d'imputation.

¹ Historiquement, l'affiliation à ces régimes dépendait de l'emploi occupé par l'assuré et de son secteur d'activité.

i. Description synthétique des sources

L'EIC est la base de données sur laquelle repose TRAJECTOiRE. Il comporte des informations sur les droits à retraite cumulés par les affiliés (qu'ils soient, ou non, déjà partis à la retraite). Tous les éléments utiles au calcul de la pension de retraite (revenus d'activité et points portés au compte, trimestres validés, etc.) y sont renseignés, ainsi que le parcours d'acquisition de ces droits à un pas annuel (nombre de trimestres ou de points acquis chaque année de carrière). Cette source permet une connaissance globale des droits à la retraite acquis par les actifs dans les différents régimes de retraite. L'EIC est produit à une périodicité quadriennale depuis 2001 et la dernière vague disponible (la quatrième du panel) contient des informations sur la situation des assurés du système de retraite au 31 décembre 2013 (EIC 2013)². L'échantillon, extrait du répertoire national d'identification des personnes physiques (RNIPP), est constitué de personnes nées les générations paires au cours des premiers jours de chaque trimestre. Le taux de sondage est compris entre 4,4 % et 2,2 % selon la génération.

L'EIR contient des informations détaillées concernant les bénéficiaires d'une pension de retraite (de droit direct et/ou de réversion) ou d'invalidité : nature et montant des pensions versées, trimestres validés, âge de départ à la retraite, etc. C'est l'unique source qui permet de reconstituer la pension globale des retraités en rapprochant les informations fournies par les différents régimes de retraite. L'EIR est produit à une périodicité quadriennale depuis 1988 et la dernière vague disponible (la huitième du panel) contient des informations sur la situation des retraités au 31 décembre 2016 (EIR 2016). L'échantillon, extrait comme l'EIC du répertoire national d'identification des personnes physiques (RNIPP), est constitué de personnes de certaines générations, nées les premiers jours de chaque trimestre. Le taux de sondage est compris entre 9,9 % et 0,8 % selon la génération.

En complément de ces sources principales, des sources externes à la DREES sont utilisées pour paramétrer le modèle : séries de salaire moyen par tête (SMPT) du COR pour la projection des salaires, projections démographiques de l'INSEE pour les tables de mortalités et d'immigration, DADS afin de déplafonner les salaires, etc.

ii. Échantillonnage

Le champ sur lequel porte le modèle se rapproche de celui de l'EIC 2013, sur lequel il est construit³ puisque les générations absentes de l'EIC sont clonées sur celles effectivement échantillonnées (cf. section 3.i). Il se compose de personnes nées entre 1942 et 2013. Il n'est en effet pas nécessaire – dans une optique de modélisation des effets de réformes futures – de simuler les départs à la retraite et les pensions des assurés nés avant 1942 car la quasi-totalité d'entre eux sont déjà partis à la retraite et sont donc observés dans l'EIR 2016.

TRAJECTOiRE modélise les parcours d'environ 20 000 personnes par génération, soit au total 1,6 million de personnes. Pour corriger un éventuel biais lié à l'échantillonnage, un jeu de pondération est calculé de manière ce que chaque cohorte soit représentative des effectifs du RNIPP désagrégés par sexe et naissance en France. La volumétrie générée par l'ensemble des modules du modèle est de l'ordre de 150 Giga-octets pour un temps d'exécution d'environ 24 heures⁴.

Comme l'EIC ne comprend pas toutes les informations nécessaires, il est nécessaire d'imputer celles qui sont manquantes. La partie suivante précise les méthodes statistiques d'imputation, et en particulier, les distributions dans lesquelles sont sélectionnées les valeurs imputées. Le tableau ci-dessous distingue les informations connues dans l'EIC de celles qui sont imputées.

² L'édition 2017 de l'EIC est actuellement en cours de collecte.

³ Pour des questions de répartition des naissances sur l'ensemble des mois de l'année certains individus de l'EIC 2013 ne sont pas intégrés au modèle. A l'inverse, les individus des générations non-échantillonnées dans l'EIC 2013 sont imputés dans TRAJECTOIRE.

⁴ Chaque simulation n'implique pas nécessairement de mobiliser l'ensemble des modules du modèles, si bien qu'en pratique les chiffres réels sont plus faibles que ceux mentionnés ici.

Tableau 1 - Variables connues dans l'EIC et imputées

Connu	Imputé			
Générations				
Paires	Impaires			
Caractéristiques de l'assuré				
Lieu de naissance (France, étranger)	Nombre d'enfants			
Date de naissance	Dates de naissance des enfants			
Affiliation et carrière				
Situation professionnelle				
Régime d'affiliation	Distinction entre états d'invalidité et			
Catégorie fonction publique	d'inaptitude			
Invalidité/inaptitude				
Rémunération				
Salaires portés aux comptes	Salaires déplafonnés (selon les régimes)			
	Part de primes (si absentes du Système d'information sur les agents des services publics, SIASP)			

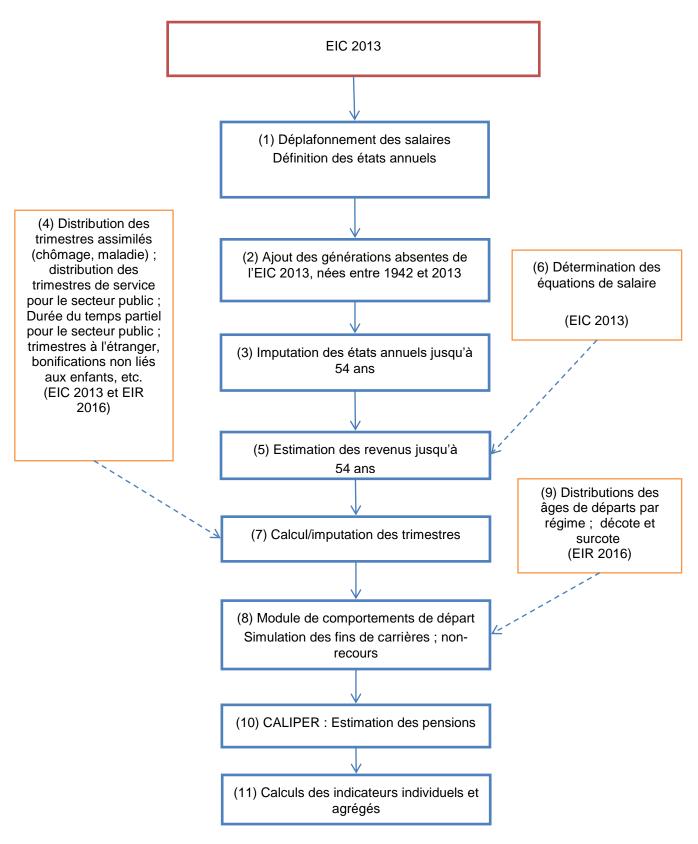
iii. Enchaînement des différents modules

La figure 2.1 synthétise la structure en module de TRAJECTOiRE. Après le déplafonnement des salaires et la définition des états annuels (module 1), les générations absentes de l'EIC sont imputées (module 2).

Pour les individus dont la fin de carrière n'a pas encore eu lieu, le modèle simule jusqu'à l'âge de 54 ans un ou plusieurs états annuels sur le marché du travail (inactivité, emploi, chômage indemnisé, maladie, etc.) ainsi qu'une ou plusieurs périodes d'affiliation dans l'une ou l'autre des différentes caisses de retraite (module 3). Des trimestres validés à l'étranger et des trimestres de bonification sont imputés (module 4), en respectant les distributions observées dans l'EIR.

En fonction des états imputés et du passé de chaque individu, la rémunération annuelle est ensuite imputée (module 5) à partir d'équations de salaires (module 6) dépendant notamment de caractéristiques individuelles (sexe, âge, etc.), du régime d'affiliation et de l'ancienneté de la personne dans ce régime. En découle ensuite l'estimation des trimestres validés dans chaque régime (module 7).

Le module de comportement de départ (8) fait l'hypothèse d'un caractère déterminant de la situation vis-à-vis du taux plein. Il a été estimé à partir des comportements observés pour la génération 1950, dernière à être totalement partie à la retraite dans l'EIR 2016. Une fois imputé le nombre de trimestres de décote ou de surcote, la date de liquidation est finalement déduite (module 9).



En orange, les étapes de paramétrage du modèle [(4), (6), (9)]. En bleu, les étapes d'imputation et de simulation.

À l'issue de ces modules, l'intégralité de la carrière professionnelle et salariale des personnes présentes dans le modèle est simulée, ce qui permet d'estimer les montants de pension (10) grâce au module de simulation de la pension de droit direct (CALIPER). L'âge de liquidation ne dépend donc pas du montant de la pension.

Un module supplémentaire (11) calcule, à partir des résultats des simulations, des indicateurs individuels de retraite (pension moyenne, pension cycle de vie, taux de remplacement, etc.) ainsi que des indicateurs agrégés (masses de pension, masses de cotisations, effectifs de retraités, âges de liquidation, indicateurs de redistribution, analyses par catégories).

3. Description des différents modules

Cette partie, nécessairement technique, décrit plus précisément les opérations réalisées dans chaque module.

En pratique, l'ensemble de ces modules ne sont pas exécutés pour chaque utilisation de TRAJECTOiRE : toute la partie démographique n'est exécutée qu'une fois, ou à chaque modification des hypothèses.

i. Démographie / affiliation

Avant toute chose, quelques traitements préliminaires nécessaires sont réalisés sur l'EIC, pour pouvoir l'utiliser comme point de départ pour la microsimulation. Par exemple, les salaires renseignés par la CNAV dans l'EIC sont plafonnés au plafond de la sécurité sociale (PSS) qui est le seuil de salaire utile au calcul de la pension. Il est donc nécessaire de déplafonner ces salaires en utilisant, d'une part, l'information disponible dans les régimes complémentaires et, d'autre part, les salaires enregistrés dans les DADS. Par ailleurs, TRAJECTOIRE se base sur un système d'état annuel avec deux sous états maximums par an (un principal, un secondaire). Les deux sous-états sont ceux correspondants aux caisses dans lequel l'assuré a obtenu le plus de droit. Si pour une année donnée, un assuré a plus que deux régimes de bases, les deux principaux sont conservés et les suivants sont supprimés.

Imputation des générations non échantillonnées dans l'EIC

Comme l'EIC ne contient pas toutes les générations⁵, il est nécessaire de « créer » les individus des générations manquantes, par imputation. Pour cela, les effectifs de l'ensemble des générations sont récupérés à partir du RNIPP. Les générations présentes dans l'EIC se voient affecter des pondérations en fonction du sexe et de la naissance en France de manière à ce que l'échantillon de TRAJECTOIRE soit représentatif des différentes générations sur ces variables. Pour construire les générations non échantillonnées dans l'EIC, un tirage stratifié est effectué sur le croisement sexe* naissance en France dans les générations les plus proches présentes dans l'EIC. Le sondage est construit de telle sorte que la moitié des effectifs pondérés viennent de la génération née un an avant et l'autre moitié de la génération née un an après. Pour trouver les cibles d'effectifs des générations non échantillonnées, le taux de sondage est calculé comme l'inverse de la moyenne pondérée des effectifs des générations les plus proches. Les effectifs par sexe et naissance en France étant connus, le nombre d'individus nécessaires est aléatoirement tiré par strate sans remise dans les générations limitrophes.

Les carrières des individus 'pères' sont intégralement récupérées. Les années de carrière sont décalées autant que nécessaire : soit, par exemple pour la génération née en 1955, +1 an pour les carrières provenant de la génération 1954 et -1 an pour celles provenant de la génération 1956. Les revenus sont revalorisés ou déflatés en fonction de l'évolution du salaire par tête moyen (SMPT) entre l'année initiale (celle de la génération 1954 ou 1956) et l'année décalée (celle de la génération 1955).

⁵ À l'origine il ne contenait que les individus appartenant à une génération paire sur deux. Depuis le millésime 2013, toutes les générations paires sont échantillonnées. En outre, l'EIC 2013 s'arrête à la génération 1990.

La dernière génération de l'EIC 2013 porte sur les individués nés en 1990. Pour les générations 1991 à 2013, l'imputation est identique : elle est réalisée à partir de la génération 1990. Toutefois, les individus 'pères' étant tirés uniquement dans la génération 1990 et les effectifs du RNIPP s'arrêtant au 31 décembre 2013, ils doivent être corrigés des flux d'immigration entre l'âge de la génération en 2013 et l'âge de 23 ans (dernière date d'observation de la génération 1990 dans l'EIC 2013). La correction des flux d'immigration se fait en comparant les effectifs de la vague 2012 et de la vague 2013 du RNIPP sur le champ des individus nés à l'étranger.

À l'issue de ces imputations, une variable de pondération est calculée pour chaque individu de manière à ce que chaque génération soit représentative de la structure par sexe et naissance en France. Les poids dépendent du sexe, de la naissance en France et de la génération. Ils sont calculés à partir des données du RNIPP.

États sur le marché du travail et affiliation

La richesse de l'EIC nous permet de définir pour chaque assuré un état sur le marché du travail composé d'un état dit principal, et éventuellement d'un état dit secondaire. L'un des objectifs finaux du modèle étant de calculer des droits à pension dans chaque régime, les états doivent être définis en fonction des règles en matière de retraite propres à chaque caisse. Les caisses et les catégories d'emploi répondant à des règles différentes doivent être distinguées. Dix états correspondent ainsi à une période d'emploi définie par le régime de base et le(s) régime(s) complémentaire(s) d'affiliation (tableau 3.1).

États d	États de non-emploi	
Salarié du privé non cadre (Cnav- Arrco)	Salarié agricole (MSA-Arrco)	Chômage
Salarié du privé cadre (Cnav-Agirc- Arrco)	Indépendant (RSI-RCO)	Maladie / maternité / invalidité
Non titulaire de la fonction publique (Cnav-Ircantec)	Profession libérale (CNAVPL)	AVPF
Fonctionnaire d'État (SRE-RAFP)	Exploitant agricole (MSA-RCO)	Inactivité
Fonctionnaire des collectivités (CNRACL-RAFP)	Agent des régimes spéciaux (CPRPSNCF)	Retraite

Tableau 3.1 – États sur le marché du travail

Par simplification, les professions libérales sont regroupées en un seul état ; la législation appliquée est celle de la caisse des médecins (CARMF). Un regroupement est également opéré pour les régimes spéciaux en appliquant la législation de la CPRPSNCF.

Quatre états font référence à des situations de non-emploi, qu'il importe de distinguer car ils ouvrent des droits différents à la retraite : chômage, maladie/maternité/invalidité⁶, AVPF, inactivité.

Enfin, un état 'retraite' est créé pour les personnes qui ont liquidé un droit à la retraite.

Des combinaisons « état principal / état secondaire » sont ensuite définies ; l'état secondaire étant éventuellement vide, au regard des conventions suivantes. Les états en emploi correspondant sont systématiquement privilégiés par rapport à ceux de non emploi. Ainsi, si une personne a été la même année à la « Cnav-Agirc-Arrco », au chômage indemnisé et au RSI, seuls les deux états d'emploi seront conservés. L'état principal sera le régime dans lequel le plus de trimestres auront été cotisés, l'état secondaire sera l'autre. S'il y a égalité, le régime principal est celui avec le revenu porté au compte le plus élevé.

De plus, une personne ayant, durant une année civile, une période d'emploi et une période de non emploi (AVPF, chômage indemnisé, maladie y compris maternité ou inactivité) aura systématiquement la période d'emploi comme état principal, et celle de non emploi en état secondaire, quel que soit le nombre de trimestres validés par la période de non emploi.

⁶ Ces trois états sont agrégés car l'EIC ne permet pas de les distinguer de façon satisfaisante pour tous les individus.

Les années où il y a uniquement une période de non emploi (AVPF, chômage indemnisé, maladie/maternité/invalidité ou inactivité), l'état principal reprend cette période (ou la période de non emploi la plus longue sur l'année s'il en existe plusieurs). Cependant, le modèle conserve en mémoire dans un état secondaire, l'état correspondant à la dernière période d'emploi. De cette façon, il est possible de tenir compte du fait que des personnes ayant cessé leur emploi et percevant l'AVPF (respectivement au chômage indemnisé, en maladie ou en inactivité) retournent plus fréquemment dans leur dernière caisse d'appartenance lorsqu'elles reprennent un emploi.

L'état 'retraite' est par hypothèse un état principal absorbant, quel que soit le mois de l'année durant lequel l'individu part à la retraite. L'individu parti à la retraite aura pour toute la suite de sa carrière la retraite en état principal. C'est le seul état principal de non emploi qui peut être couplé avec un état d'emploi « actif » en état secondaire, bien que TRAJECTOiRE ne simule pas le cumul emploi retraite.

ii. Carrières et rémunérations

Une fois l'ensemble des générations reconstitué, l'étape essentielle à la constitution d'un véritable modèle de microsimulation dynamique consiste à modéliser la suite des carrières professionnelles. L'objectif de ce module est de simuler, pour chaque assuré de l'EIC, la chronique d'affiliation aux différents régimes de retraite et la chronique des droits à retraite acquis (trimestres, revenus d'activité et points portés au compte) pour la partie non-observée de sa carrière⁷.

Transitions entre états annuels successifs

Le modèle de transition est basé sur le chaînage des matrices de transition observées : les individus transitent d'un état à l'âge N vers un état à l'âge N+1 en fonction de leurs caractéristiques observées à l'âge N. Les probabilités de transition sont calibrées sur la génération la plus jeune pour laquelle les transitions entre les âges N et N+1 sont observées (ou imputées) dans la base initiale. La matrice de transition utilisée reflète les transitions observées sur le marché du travail entre 2011 et 2012.

Les transitions tiennent d'abord compte d'éléments indépendants de la carrière : sexe, naissance en France et âge auquel l'individu a cotisé pour la première fois 3 trimestres au cours d'une année civile. Cette dernière variable résume à la fois l'âge d'entrée sur le marché du travail, et le niveau d'études⁸. Son évolution au fil des générations reflète les variations de la durée des études et des conditions d'entrée sur le marché du travail.

En complément, l'ancienneté de l'assuré dans l'état qu'il occupe à l'âge N qui permet de prendre en compte l'hétérogénéité individuelle (certaines personnes restent toute leur carrière dans le même état, tandis que d'autres transitent très fréquemment d'un état à un autre) ainsi que la dépendance d'état (la probabilité de quitter l'état 'maladie' n'est pas la même suivant que cela fait 1 an ou 8 ans que l'on est dans cet état 'maladie').

Au sein de chaque groupe défini par les variables de conditionnement ci-dessus, le modèle affecte à chaque individu un état en N+1, de manière à respecter les probabilités de transition observées dans l'EIC entre 2011 et 2012.

Cette procédure est répétée pour chaque génération à partir de l'année 2013 (ou 23 ans pour les générations nées entre 1990 et 2013) et jusqu'à l'année des 54 ans. Une fois cela effectué, nous disposons des trajectoires individuelles jusqu'à 54 ans pour toutes les générations nées entre 1942 et 2013.

Les calages du modèle de transition

Les transitions de carrière sont appliquées jusqu'à 54 ans. En pratique, les transitions sur une année civile sont simulées pour toutes les générations en même temps. Cela permet d'intégrer

⁷ C'est-à-dire postérieure à la date du dernier millésime disponible de l'EIC.

⁸ Le diplôme n'est pas renseigné dans l'EIC.

dans les simulations à la fin de chaque année civile quatre paramètres importants : la mortalité, l'immigration, le taux de chômage et le nombre de recrutements à la fonction publique d'État.

Les tables de mortalité utilisées sont celles issues des projections démographiques de l'Insee. Trois variantes d'espérance de vie (EV) peuvent être mobilisées : EV haute, EV centrale, EV basse.

Les tables d'immigration sont également issues des projections démographiques de l'Insee. Trois variantes de migrations peuvent également être mobilisées : migration haute, migration centrale et migration basse. Dans le cadre du modèle TRAJECTOIRE, seul le flux brut annuel d'entrants nés à l'étranger compte. En effet, l'objectif du modèle étant de calculer les montants de pension de retraite de tous les affiliés, nous n'avons pas besoin de tenir compte des flux sortants, dans le sens où ces personnes restent dans le champ du modèle : ils sont simplement mis dans un état d'inactivité par les transitions annuelles entre états.

Les immigrés sont ajoutés à l'échantillon à la fin de chaque année civile précédant leur arrivée en France (au 31 décembre N-1), de façon à ce qu'ils puissent changer d'état l'année de leur arrivée. L'année N-1, ils sont systématiquement considérés comme 'inactifs'.

Les projections de carrière sont calées sur les taux de chômage définis par le COR à long terme et la Direction générale du Trésor à court terme (dans le programme de stabilité). Les trois hypothèses de taux de chômage (4,5 %, 7 % et 10 % à long terme) sont mobilisables.

Si le modèle surestime le nombre de chômeurs avant calage, des individus au chômage sont réintégrés à un état d'emploi (par convention, on reprend le dernier état d'emploi). Inversement, si le modèle sous-estime le nombre de chômeurs, des individus en emploi en tant que salariés non cadres ou salariés agricoles se voient attribuer du chômage.

Un calage sur le nombre de nouveaux affiliés à la fonction publique d'État est enfin également assuré, basés sur les effectifs entrants du modèle de microsimulation du Service des retraites de l'État (modèle PABLO) afin de compenser la baisse des effectifs d'affiliés à la fonction publique induite par le choix de la période de calibrage du modèle, 2011-2012, durant laquelle le taux d'entrée à la fonction publique était bas.

Estimation des revenus d'activité

Si, par facilité de langage, le terme salaire est parfois utilisé, ce sont bien les revenus salariaux annuels et, pour les indépendants, les revenus d'activité qui sont renseignés dans l'EIC et simulés dans TRAJECTOiRE. Une fois déterminé le déroulement des carrières via la chronique des différents états annuels successifs occupés par chaque individu sur le marché du travail, les revenus d'activité annuels peuvent être estimés à partir d'équations de salaires. Dans un premier temps, un premier ensemble d'équations est utilisé pour imputer des valeurs pour les observations dont le salaire est manquant (sur les années observées dans les données sources de l'EIC). Dans un second temps, un autre groupe d'équations permet d'associer un salaire aux carrières simulées par TRAJECTOiRE. Les équations de salaires sont estimées grâce à un modèle de régression sur données de panel à effets fixes. Parallèlement, les effets fixes par individus et par caisse sont attribués aux assurés, soit par estimation comme la différence entre la moyenne des salaires observés et la moyenne des salaires prédits sur les années antérieures à 2013, soit par imputation en tirant aléatoirement les effets fixes dans la distribution observée ci-dessus et en s'assurant de leur cohérence en cas de polyaffiliation. Les équations de salaires et les effets fixes permettent ainsi d'estimer la rémunération annuelle de chaque personne dans un état d'emploi.

La modélisation se fait sous la forme d'une équation de salaires, estimée séparément par sexe, par tranche d'âge d'entrée en emploi (selon que l'assure soit entré en emploi avant ou après l'âge médian d'entrée en emploi, calculé séparément par génération et par sexe), et pour 10 états d'emploi (que ce dernier soit l'état principal ou non).

Ces estimations sont basées sur l'EIC 2013 (y compris les salaires déplafonnés reconstitués à partir des données des régimes complémentaires) et sur des sources appariées à l'EIC

(notamment les DADS). Ces données de panel permettent l'utilisation de modèles à effets fixes individuels qui neutralisent l'effet de l'hétérogénéité inobservée des individus.

Les salaires sont imputés jusqu'à 54 ans pour chaque régime d'emploi. Après cet âge, ils suivent l'évolution du salaire moyen par tête (SMPT), pris comme hypothèse de la simulation.

Imputation des primes et des indices dans la fonction publique

Dans l'EIC 2013, seul le traitement indiciaire des agents de la fonction publique est connu. Néanmoins, comme ces agents acquièrent des droits spécifiques sur leurs primes depuis 2004 (création du régime additionnel de la fonction publique dans la réforme de 2003) et pour simuler des réformes du mode de calcul de leurs droits à la retraite (comme c'est notamment le cas dans l'étude présentée dans la dernière partie de ce document), il est nécessaire de compléter la rémunération des agents publics par leurs primes. Ces imputations sont réalisées à partir de distributions issues de bases de données externes à la DREES.

Des parts de primes annuelles sont attribuées aux agents de la fonction publique lorsqu'elles sont renseignées dans le Système d'information sur les agents des services publics (SIASP) ou le panel État de l'Insee. Dans le cas contraire, les parts de primes doivent être simulées en répliquant la distribution des parts de primes observées dans SIASP à l'entrée dans la Fonction Publique, tout en respectant la contrainte d'obtenir l'indice minimum de la fonction publique à partir du salaire brut de l'individu.

iii. Trimestres cotisés, assimilés et majoration de durée

Une fois les carrières projetées jusqu'à 54 ans et les revenus d'activité estimés, il devient possible de calculer, à partir des états et des revenus d'activité annuels, le nombre de trimestres validés chaque année jusqu'à 54 ans. Cette variable est déterminante pour le module de comportement de départ à la retraite. En effet, les distributions d'âge de départ dépendent de cette durée puisqu'elle entre directement en compte dans l'obtention du taux plein.

Les projections jusqu'à 54 ans permettent de calculer les trimestres cotisés au titre de l'emploi pour les régimes en annuité. Pour les régimes en jour, les trimestres cotisés sont imputés. C'est également le cas pour les trimestres dits assimilés, correspondant à une période de chômage, de maladie ou d'AVPF.

D'autres trimestres sont également pris en compte dans la durée d'assurance tous régimes, mais ne sont pas forcément connus en cours de carrière : les trimestres validés au titre du service militaire et les trimestres de majoration de durée d'assurance au titre des enfants (MDA) et d'autres trimestres, tels que les trimestres validés à l'étranger ou au titre des périodes de chômage non indemnisé.

Calcul et imputation des trimestres au titre de l'emploi

Les trimestres validés au titre de l'emploi (ou cotisés) sont calculés selon les règles en vigueur dans chaque régime de retraite.

Pour les régimes alignés (régime général, RSI et MSA salariés), il est simple de calculer le nombre de trimestres cotisés, puisqu'il résulte du rapport entre le revenu d'activité porté au compte sur l'année et le salaire dit 'validant' (200h de SMIC avant 2014, 150h SMIC après), permettant de valider 1 trimestre au titre de l'emploi.

Pour les professions libérales, le nombre de trimestres cotisés comptant pour la durée validée tous régimes se déduit du revenu, comme pour le régime général (1 trimestre pour 150h/200h SMIC). De plus, au moins 1 trimestre cotisé est accordé à l'assuré dès lors que son revenu annuel est positif.

Pour la MSA exploitant, le nombre de trimestres cotisés se déduit du nombre d'années d'affiliation à la MSA exploitants, pour les années où cette affiliation est exclusive ou principale. Chaque année, on attribue 4 trimestres cotisés dès lors que l'état principal est la MSA non-salariés, 0

trimestre sinon (c'est-à-dire y compris lorsque l'individu à un emploi secondaire à la MSA exploitant).

La MSA non-salariés accorde 1 trimestre assimilé cotisé par an lorsque l'exploitant est en arrêt maladie plus de 6 mois.

Pour les régimes en jours (SRE, CNARCL et régimes spéciaux), il n'existe pas de relation directe entre le salaire/revenu et le nombre de trimestres validés au titre de la durée de services. Seule la quotité de travail est prise en compte. La plupart des situations où la durée de service validée est inférieure à 4 trimestres par an correspondent à des situations de temps partiel. Or le modèle TRAJECTOIRE ne modélise pas la quotité de travail. Un nombre de trimestres validés au titre de la durée de services et une durée pendant laquelle l'assuré travaille à temps partiel sont imputées à partir des données de l'EIC 2013.

L'imputation des trimestres assimilés

Ces trimestres, contrairement aux trimestres au titre de l'emploi, sont attribués de façon agrégée une fois la carrière simulée. Comme l'état sur le marché du travail ne permet pas de déterminer le temps passé au chômage ou en maladie, des distributions selon l'état (principal ou secondaire), le sexe et l'âge sont répliquées à partir de celles observées dans l'EIC 2013.

Outre la maladie/maternité/invalidité et le chômage, les périodes d'arrêt de travail (partiel ou total) au titre d'un enfant donnent droit à des périodes d'AVPF : les assurés valident des trimestres au régime général (quel que soit le régime d'affiliation), et un salaire est porté au compte. Pour cela, des trimestres sont également validés au titre de ces périodes, imputés à partir de l'EIC, en tenant compte du salaire validant, du sexe, de l'âge et de l'état (principal ou secondaire).

La majoration de durée d'assurance au titre des enfants

Le nombre d'enfants n'étant pas renseigné dans l'EIC, il est nécessaire de le modéliser ainsi et que leurs dates de naissance, afin de déterminer le régime au sein duquel les trimestres de majoration accordés au titre de cet enfant seront enregistrés.

L'imputation se fait en trois temps. Le nombre d'enfants est d'abord déterminé à partir des distributions de Toulemon (2001) pour les femmes et celles issue de l'Enquête familles et logement de l'INSEE pour les hommes recalées par génération. Le modèle s'assure également que les mères (et les pères) qui perçoivent l'Assurance vieillesse des parents au foyer (AVPF) soient prioritaires dans l'attribution du nombre d'enfants.

Ensuite, la chronique des dates de naissance des enfants sont imputées afin, notamment, d'attribuer des nombres corrects de trimestres de majoration de durée d'assurance. Dans un premier temps les dates de naissance des enfants sont aléatoirement tirées en fonction des distributions de l'Échantillon démographique permanent (EDP). Si l'individu a plus d'un enfant, une séquence entière de date de naissance est tirée. Dans la mesure où les distributions sont construites sur la totalité des générations présentes dans l'EDP, elles ne permettent pas directement de prendre en compte le recul de l'âge de la maternité au premier enfant ni de la diminution des écarts entre fratrie. Ces dates sont donc corrigées afin d'être en cohérence avec les périodes d'AVPF.

Enfin, un nombre de trimestres de majoration peut être attribué à l'assuré en fonction du nombre d'enfants, de leur date de naissance et du régime de retraite compétent. En effet, les trimestres accordés au titre de la naissance ou de l'éducation des enfants diffèrent entre les régimes de retraite. Dans le modèle TRAJECTOiRE, l'ensemble des trimestres de MDA sont attribués aux femmes par convention.

La cohérence entre la chronique des naissances et les arrêts ou transitions de carrière n'est toutefois pas prise en compte dans l'imputation des trimestres de MDA. Cette limite de TRAJECTOIRE peut entrainer des disparités importantes selon le nombre d'enfants.

Les trimestres accordés à la liquidation

Les trimestres de service militaire sont calculés à partir des informations données dans l'EIC par les caisses de retraite en comblant les « trous » de validation des hommes en début de carrière pour les générations concernées.

Des distributions de trimestres validés à l'étranger, accordés au titre des bonifications ou de régularisation sont estimés de manière agrégée en fonction du sexe, de la naissance en France, du régime d'affiliation à 54 ans et du décile de durée validée à 54 ans de l'assuré. Cette estimation est conduite sur le champ des assurés nés en 1950 grâce à l'appariement entre l'EIC 2013 et l'EIR 2016. Pour l'imputation, les trois catégories de trimestres sont séparées.

Tous les trimestres de service militaire, de chômage non indemnisé, validés à l'étranger, de bonification, de régularisation et de majoration de durée d'assurance sont ajoutés à la durée validée tous régimes à 54 ans. Ils doivent en effet être pris en compte dans la modélisation des comportements de départ à la retraite.

iv. Départ à la retraite

Le mode d'imputation du départ à la retraite est essentiel, dans un modèle de retraite, car le montant de la pension en dépend directement, par le jeu notamment des décotes et surcotes. Différentes possibilités sont envisageables, et il existe une littérature abondante sur ce sujet. Partant du constat qu'environ 80 % des liquidations ont lieu à taux plein⁹ et que la recherche du taux plein constitue une motivation essentielle des assurés¹⁰, TRAJECTOIRE détermine l'âge de liquidation des assurés à partir de l'âge du taux plein.

Le module de comportement de départ est estimé sur les données de l'EIR 2016 et de l'EIC 2013. La génération utilisée pour calibrée le modèle est la génération née en 1950 qui correspond à la plus jeune génération dont la quasi-totalité des départs à la retraite sont observés dans l'EIR 2016 (les assurés atteignent leurs 66 ans en 2016). Les assurés sont ventilés en trois sous-populations en fonction de leur situation sur le marché du travail entre 50 et 54 ans : assurés en emploi dans le secteur privé entre 50 et 54 ans, assurés en emploi dans le public (fonctionnaires et salariés des régimes spéciaux) entre 50 et 54 ans et assurés hors de l'emploi entre 50 et 54 ans. Les comportements de départ à la retraite de ces trois catégories de personnes sont modélisés par un sous-module différent.

Un « régime de référence » est associé à chaque assuré. Ce régime correspond au dernier régime de cotisation enregistré à 54 ans (c'est-à-dire le dernier régime dans lequel un trimestre cotisé a été enregistré ou pour lequel un revenu d'activité porté au compte a été enregistré). Il sert notamment à déterminer les conditions du bénéfice du taux plein.

Assurés en emploi dans le secteur privé entre 50 et 54 ans

Pour les individus en emploi entre 50 et 54 ans dans le privé (CNAV, MSA salariés, MSA non-salariés, indépendants et professions libérales), l'état sur le marché du travail est figé à 54 ans. Au-delà, les carrières sont prolongées en dupliquant la dernière situation d'emploi et en revalorisant le dernier salaire ou revenu d'activité constaté avant 54 ans au même rythme que le SMPT jusqu'à 70 ans. Le régime d'affiliation auquel correspond ce dernier état d'emploi constaté constitue le régime de référence de l'assuré.

Ensuite, à chaque âge, des probabilités de sortie définitive d'emploi trimestrielles sont estimées à partir d'un modèle logistique en fonction, notamment, des déciles de revenus, de la durée d'assurance ou encore de la distance à l'âge d'ouverture des droits. Pour les assurés sortis de l'emploi avant l'âge d'ouverture des droits, les trimestres validés ne sont plus des trimestres cotisés mais validés au titre du chômage ou de la maladie ou de l'invalidité en fonction d'une

⁹ Voir fiche 13 *Les conditions de liquidation de la retraite*, dans le panorama annuel *Les retraités et les retraites* de la DREES, mai 2019.

Profiter de la retraite le plus longtemps possible motive les départs encore plus que par le passé, L. Masson et G. Solard, Études et Résultats, n° 1042, DREES, décembre 2017

distribution constatée dans l'EIC 2013. Pour Les assurés sortis de l'emploi après l'âge d'ouverture des droits, la sortie de l'emploi, la sortie de dispositif validant et la liquidation des droits à retraite interviennent simultanément. Des trimestres sont validés au titre de l'emploi jusqu'à l'âge d'annulation de la décote. La carrière s'interrompt à la date de liquidation déterminée lors du module suivant.

Une proportion de liquidations au titre de l'invalidité, de l'inaptitude, suite à un accident du travail, malades de l'amiante ou autre dispositif ouvrant droit à une pension à taux plein est déterminée. Une fois encore, l'appariement entre l'EIR 2016 et l'EIC 2013 permet de déterminer les cibles de flux de sortie de l'emploi par âge précédents une liquidation au titre de ces dispositifs. Les individus ayant validé le plus de trimestres au titre de la maladie/maternité/invalidité au cours de leur carrière sont sélectionnés prioritairement pour les liquidations au titre de ces dispositifs.

Pour les retraites anticipées pour carrière longue (RACL), une modélisation très simple est adoptée : 100 % des assurés éligibles au RACL liquident dans le cadre de ce dispositif. Cette proportion est paramétrable. Pour les individus éligibles au RACL, la carrière s'arrête au moment de la liquidation. L'âge de fin d'emploi (s'il est postérieur) est ramené à l'âge de la liquidation. La distribution des âges de fin d'emploi est donc légèrement modifiée.

Des trimestres de décote et de surcote sont ensuite imputés (dans le régime de référence) en choisissant une proportion des assurés « éligibles » — parmi les assurés qui n'ont pas atteint la Durée d'assurance requise (DAR) à l'AOD pour les décotants et parmi ceux qui ont atteint une durée à l'AOD rendant possible une surcote pour les surcotants — puis en tirant un nombre de trimestres de décote ou de surcote dans la distribution constatée dans l'EIR 2016 selon la situation de fin de carrière (en emploi dans le privé, en emploi dans le public, hors emploi au chômage, hors emploi en invalidité, hors emploi à l'étranger). Cette modélisation est distincte sur chacune des catégories. Les dates de liquidation sont ajustées en conséquence. En pratique l'âge de liquidation est borné à l'âge d'annulation de la décote. Quand l'assuré est polypensionné, la date de liquidation est supposée être la même dans tous les régimes. Toutefois, si la réglementation l'interdit (pour les agents de catégorie active par exemple qui ne peuvent pas liquider leurs droits à la Cnav avant 62 ans), la date de liquidation, dans le régime en question uniquement, est fixée à la date la plus proche autorisée de la date de liquidation dans le régime de référence. Par exemple, un fonctionnaire de la catégorie active partant à 58 ans dans son régime de référence (SRE) liquidera les droits qu'il détient à la Cnav dès 62 ans.

Assurés en emploi dans la fonction publique entre 50 et 54 ans

Pour les assurés dont le régime de référence est le service des retraites de l'État (SRE, pour les fonctionnaires de l'État), la Caisse nationale de retraite des agents des collectivités locales (CNRACL, pour les fonctionnaires territoriaux et hospitaliers) ou un régime spécial, l'état sur le marché du travail est également figé à 54 ans. Une catégorie d'emploi public leur est attribuée : sédentaires ; actifs ; autres. Les départs aux titres des dispositifs de carrière longue reposent sur l'hypothèse que la totalité des assurés qui y sont éligibles y recourent. La proportion de départs au titre de l'invalidité dans la fonction publique est calibrée sur les distributions observées dans l'appariement EIC/EIR pour les anciens fonctionnaires en tenant compte du sexe, de la caisse de retraite et du quartile d'indice.

Le principe de détermination de l'âge de liquidation est identique à celui utilisé pour les salariés du secteur privé. Dans les régimes spéciaux, le recul chronologique est très faible pour envisager une quelconque modélisation (la décote s'applique pour les liquidations intervenues après mi-2010). L'hypothèse d'un départ au taux plein strict est donc actuellement la seule disponible.

Assurés hors de l'emploi entre 50 et 54 ans

Les assurés hors de l'emploi entre 50 et 54 ans sont répartis en quatre catégories : fin de carrière à l'étranger ; fin de carrière au chômage ; fin de carrière en invalidité (ou en inactivité avec reconnaissance d'une inaptitude au travail) ; fins de carrières sans validation de droits. Ces catégories prennent en compte l'état principal de l'assuré entre 50 et 54 ans et donc la durée validée avant la sortie de l'emploi. L'appariement EIR/EIC permet d'observer, pour la génération

1950, les proportions de liquidations au titre de l'invalidité et du chômage ou à l'étranger selon la situation entre 50 et 54 ans. Les distributions constatées pour la génération 1950 pour les assurés hors de l'emploi sont ensuite répliquées pour chaque génération en tenant compte de la catégorie de l'assuré.

Enfin, toujours en tenant compte des catégories de fin d'emploi, les distributions de décotes et de surcote constatées pour la génération 1950 sont répliquées afin de déterminer *in fine* la date de liquidation de l'assuré.

v. Calculs des droits à la retraite

La dernière étape du modèle consiste à calculer les pensions de droit direct dans chacun des régimes selon la législation paramétrée. Cette étape est effectuée grâce à l'outil CALIPER.

La réforme de 2014 a instauré une liquidation unique au sein du régime général, de la MSA salariés et du RSI (LURA). Pour ce faire, le régime verseur est déterminé au moment de la liquidation des droits. Le montant de la pension est calculé en mettant en commun les salaires et les carrières de ces trois régimes.

Un module détermine les individus pour lesquels vont s'appliquer les coefficients de solidarité et majorants temporaires instaurés par l'accord national interprofessionnel Agirc-Arrco du 30 octobre 2015.

CALIPER permet d'estimer les différents éléments contribuant au calcul des pensions de retraite de droit direct. Pour les régimes alignés et les régimes complémentaires associés ainsi que la fonction publique, tout l'historique de la législation y est implémenté. Pour la fonction publique, la législation de la CNRACL est supposée identique à celle du SRE dans TRAJECTOIRE, alors que sur le passé, certaines règles et revalorisations de pensions étaient différentes. Pour les régimes de retraite complémentaires et supplémentaires des professions libérales, seul les régimes auxquels sont affiliés les médecins (CARMF pour la complémentaire et ASV pour la supplémentaire) sont implémentés. Toutes les pensions complémentaires et supplémentaires des professions libérales sont donc calculées selon les règles de ces régimes. Il en va de même pour les assurés des régimes spéciaux, pour lesquels on applique les règles de la CPRPSNCF.

L'outil permet de calculer le montant de la pension pour chacun des régimes auxquels un individu a été affilié. Plusieurs éléments sont également calculés, notamment, la pension à la liquidation, le montant des minima de pension (avant et après écrêtement pour le minimum contributif), le taux de liquidation, le taux de proratisation, les taux de décote et de surcote, les majorations de pension pour enfants ainsi que information concernant le statut de la liquidation (liquidation, au titre de l'invalidité ou de l'inaptitude, liquidation au titre des départs anticipés pour carrière longue, liquidation au titre de la catégorie active de la fonction publique, etc.).

Non-recours aux droits

Le non-recours (partiel et total) est pris en compte dans TRAJECTOiRE¹¹. En appariant l'EIC 2013 et l'EIR 2016, on estime la probabilité de non-recours total et de non-recours partiel, en fonction d'un ensemble de variables individuelles. Dans un premier temps, le non-recours total est imputé selon un croisement de variable pays de résidence / durée validée (mis en classe). Ensuite, parmi les assurés liquidant au moins un de leur droit, le non-recours partiel est imputé de la même façon en ajoutant le régime dans les variables explicatives. Enfin, on met en cohérence le comportement vis-à-vis de la complémentaire et de la base.

i. Mortalité, Réversion...

Des travaux sont en cours afin d'intégrer la mortalité différentielle au modèle TRAJECTOiRE. La réversion n'est pas simulée.

¹¹ Non-recours : à 70 ans, un tiers des assurés n'ont pas fait valoir tous leurs droits à retraite, G. Langevin et H. Martin, Études & Résultats, DREES, n° 1124, septembre 2019

4. Méthodes de validation du modèle et contrôles de cohérence

Pour ce qui est de la méthodologie, l'entretien d'un modèle de microsimulation comme TRAJECTOIRE implique de conduire régulièrement des investissements de fond. En effet, TRAJECTOIRE repose sur certaines hypothèses de simplification qui peuvent être relâchées après développements. Ainsi, de nouveaux régimes de retraite sont régulièrement ajoutés au module CALIPER, le module de modélisation des départs à la retraite a été repensé, le non-recours aux droits à retraite a été modélisé, le jeu de pondérations a été refondu, etc. Le modèle n'est donc pas figé et les développements successifs impliquent des vérifications méthodologiques permanentes. Les commandes régulières du COR et des cabinets ministériels notamment nécessitent régulièrement de modifier les hypothèses du modèle et donc d'améliorer les modules.

Concernant les résultats des simulations, le processus de validation est multiple. Dans un premier temps, la richesse des données des EIC et EIR permet de comparer les simulations du modèle pour les individus qui y sont présents. La simulation est donc directement validée par l'observé. C'est en particulier le cas de la génération 1950 dans la version actuelle de TRAJECTOiRE, dernière à avoir entièrement liquidé ses droits dans l'EIR 2016 et servant de cible au module de comportements de départ. En outre, la DREES dispose d'un second modèle de microsimulation, focalisé sur le court terme, le modèle ANCETRE, qui crée un pseudo-EIR pour les 3 années sur 4 où l'EIR n'est pas disponible ; ce modèle repose notamment sur un calage sur marges important sur les données de l'enquête annuelle auprès des caisses de retraite. Il est donc possible de vérifier la cohérence des simulations de TRAJECTOIRE avec celles du modèle ANCETRE pour les trois années suivant la dernière vague de l'EIR.

En dehors des ressources de la DREES et après agrégation, les résultats des simulations sont comparés aux projections disponibles et notamment celles par régimes et tous régimes du Conseil d'orientation des retraites (effectifs de retraités, masses de prestations et de cotisations, âges moyens de liquidations, etc.). La démographie simulée dans le modèle est également confrontée aux projections de natalité et mortalité de l'INSEE.

Nombre de commandes sollicitant TRAJECTOiRE sont, selon le champ et le commanditaire, adressées à plusieurs institutions utilisant leurs propres modèles de microsimulation : modèle PRISME de la CNAV pour les salariés du privé, modèle PABLO du SRE pour les fonctionnaires d'état, modèle CANOPEE de la CNRACL pour les fonctionnaires relevant des fonctions publiques territoriale et hospitalière, modèle Aphrodite de la Direction générale du Trésor, modèle Destinie de l'Insee. Les résultats de ces différentes modélisations sont comparés à ceux de TRAJECTOiRE par leurs producteurs et leurs commanditaires. Ces comparaisons peuvent conduire à des modifications d'hypothèses ou à des améliorations des modèles.

Par ailleurs, le modèle TRAJECTOIRE fait l'objet de rebasages plus importants, lorsque de nouveaux millésimes des sources sur lesquelles il est adossé (l'EIC et l'EIR) sont disponibles. Il doit également s'adapter aux évolutions de ces sources ; par exemple, à l'occasion du millésime 2013, l'échantillonnage de l'EIC a été enrichi. Enfin, des approfondissements non encore réalisés sont prévus, sur la mortalité différentielle par exemple.

5. Cas d'usage du modèle

Le modèle TRAJECTOIRE est fréquemment utilisé pour évaluer les effets de modifications du système de retraite. Depuis deux ans, il est fortement sollicité dans le cadre de la préparation de la mise en place d'un système universel de retraites. Duc, Martin, Tréguier (2016) évalue finement l'effet des réformes des retraites de 2010 à 2015 (réforme de 2010, de 2014 et ANI du 30 octobre 2015), selon plusieurs dimensions (effets sur les pensions des assurés, sur les durées de retraite, sur les masses financières des régimes, sur des indicateurs d'équité, etc.). Des études ont aussi été conduites sur l'effet propre des règles du système de retraite et des redistributions qu'elles génèrent. Ainsi, les différences de règlementations entre fonction publique et secteur privé ont été étudiées à partir de simulations issues du modèles TRAJECTOIRE. C'est cette étude qui est présentée ici.

Duc C., Solard G. et Tréguier J. (mai 2017), Les différences de retraite entre secteur public et secteur privé : résultats de simulations. Les Dossier de la DREES n° 16, DREES.

Le système de retraite français est historiquement composé de différents régimes de retraite. L'affiliation à ces régimes dépend de l'emploi exercé. Ainsi, les salariés du secteur privé et les nontitulaires de la fonction publique sont affiliés au régime général pour leur retraite de base, et à l'Arrco, l'Agirc ou l'Ircantec pour la partie complémentaire. Les titulaires de la fonction publique sont dans l'immense majorité affiliés au Service des retraites de l'État pour les fonctionnaires civils et militaires de l'État et à la caisse nationale de retraites des agents des collectivités territoriales et hospitalières. Les règles de ces deux régimes de la fonction publique sont harmonisées. Depuis 2005, les agents titulaires de la fonction publique sont également affiliés au régime additionnel RAFP.

La réforme des retraites de 2003 a harmonisé les principaux paramètres entre le régime général et les régimes de la fonction publique. Ainsi, les taux de cotisations (part salarié), l'âge d'ouverture des droits, l'âge d'annulation de la décote, la durée d'assurance requise pour le taux plein, la surcote et la décote sont identiques entre ces deux secteurs ou le seront prochainement. Malgré cela, certaines règles restent distinctes (par exemple le mode de calcul du salaire de référence pris en compte pour le calcul de la pension) et posent la question de l'équité entre les salariés du privé et les agents de la fonction publique. Or, les statistiques agrégées et les raisonnements sur cas types ne permettent pas d'identifier les effets globaux, en terme d'équité notamment, des différences de législation. Ainsi, les écarts de pension moyenne apparaissent élevés (Tableau 5.1), mais les taux de remplacement sont proches (Tableau 5.2). Pour investiguer cette question, l'étude simule l'application des règles du régime général aux carrières des fonctionnaires. La première simulation porte spécifiquement sur les effets des différences de législation sur l'âge auquel les agents peuvent partir à taux plein (âge d'ouverture des droits, majoration de durée d'assurance, notamment), hors toute considération sur le montant de la pension. La seconde simulation porte, de façon complémentaire, sur les différences de niveaux de pension.

Tableau 5.1 – Effectifs et montant brut moyen de l'avantage principal de droit direct (hors majoration pour enfants) par régime de retraite en 2015

	Effectifs de retraités de droit direct fin 2015 (en millions)	Montant mensuel moyen (pension de droit direct) (en euros de 2015)	Évolution en euros constants² 2010-2015 (en %)	Écart entre la pension des femmes et celle des hommes (en %)
CNAV	13,1	601	4,0	-26,2
ARRCO	11,1	316	2,5	-39,0
AGIRC	2,4	699	-9,1	-58,7
Fonction publique civile de l'État ¹	1,5	2 024	1,8	-14,6
CNRACL1	1,0	1 282	1,3	-10,7
Ensemble, tous régimes ¹	16,0	1 334	4,7	-39,0

^{1.} Y compris les fonctionnaires liquidant une pension d'invalidité et ayant atteint l'âge minimum de départ à la retraite.

Note > Ces données excluent les personnes ayant perçu un versement forfaitaire unique.

Champ > Retraités ayant perçu un droit direct en 2015, résidant en France ou à l'étranger, vivant au 31 décembre de l'année. Sources > EACR, EIR, modèle ANCETRE de la DREES.

^{2.} Évolution corrigée de l'évolution de l'indice des prix à la consommation, y compris tabac pour la France, en glissement annuel au 31 décembre de l'année.

Tableau 5.2 – Taux de remplacement selon le secteur d'activité (en % du salaire)

		Premier quartile du taux de remplacement	Taux de remplacement médian	Dernier quartile du taux de remplacement	Rapport inter - quartiles
Secteur Privé	Toutes carrières	64,1	73,8	83,1	0,77
	Hommes	65,0	74,3	83,7	0,78
	Femmes	62,8	73,0	82,2	0,76
	Carrières complètes	66,4	75,0	84,0	0,79
	Hommes	66,1	75,0	84,3	0,78
	Femmes	66,9	74,9	83,3	0,80
Secteur public	Toutes carrières	63,2	72,1	80,2	0,79
	Hommes	64,0	72,7	80,7	0,79
	Femmes	62,7	71,8	79,8	0,79
	Carrières complètes	65,1	73,7	81,5	0,80
	Hommes	64,9	73,8	81,7	0,79
	Femmes	65,3	73,6	81,4	0,80

Note > Le secteur d'activité est celui de la fin de carrière.

Lecture > Le premier quartile du taux de remplacement calculé par rapport au salaire moyen des avant-dernières années avant la liquidation, pour les carrières complètes s'achevant dans le secteur privé, est de 66,4 %.

Champ > Retraités de droits directs nés en 1946, en emploi salarié après 49 ans, dont le régime d'affiliation principal est le régime général, la fonction publique civile de l'État ou les régimes spéciaux, résidents en France.

Sources > EIR 2012, Drees, Panel tous salariés de l'INSEE.

Simulation 1 : Écarts d'âge du taux plein des fonctionnaires dans l'hypothèse de l'application des règles du régime général

Le modèle de microsimulation TRAJECTOIRE est utilisé pour simuler l'application des règles de calcul des retraites du secteur privé aux fonctionnaires de la génération 1958 liquidant une pension dans le secteur public. Cela permet d'illustrer l'impact des différences réglementaires qui demeurent entre les deux régimes sur l'âge d'atteinte du taux plein. À titre de contrefactuel, une simulation pour les mêmes agents selon les règles en vigueur est réalisée. Les militaires, les personnes qui ont bénéficié du dispositif de départ anticipé au titre des parents de trois enfants, et les agents des catégories « super-actives » et « insalubres » sont exclus de l'étude.

Dans les simulations effectuées, et sous les hypothèses sélectionnées, la variation de l'âge d'atteinte du taux plein (Graphique 5.3) selon les règles du public ou du privé se concentre sur certaines catégories bien identifiées : d'un côté les actifs, pour lesquels le taux plein est acquis plus tardivement du fait de la différence d'âge d'ouverture des droits ; et de l'autre une partie des femmes sédentaires, pour lesquelles le taux plein peut être atteint plus tôt grâce à des règles d'acquisition de trimestre et de majoration de durée pour enfants (MDA) plus avantageuses dans les régimes du privé que dans ceux du public. Quelques hommes sédentaires atteignent également l'âge du taux plein de manière anticipée à la suite du recalcul du nombre de trimestres validés selon les règles du privé. L'ampleur du décalage dépend des caractéristiques individuelles. Par ailleurs, le changement de règles d'acquisition de trimestres et de date de départ à la retraite conduit à une augmentation de la durée validée tous régimes, qui peut s'accompagner d'un décalage de l'âge d'atteinte du taux plein. Cette augmentation peut avoir un effet sur les montants de pension calculée. Cependant, bien d'autres effets peuvent entrer en ligne de compte, comme les modifications du calcul du salaire de référence, du taux de liquidation, l'affiliation aux régimes complémentaires, etc.

100% 6% ■ 5 ans ou plus 3% 90% ■ 4 à moins de 22% 6% Date d'atteinte 3 à moins de 9% 80% du taux 4 ans 2% plein 2 à moins de 11% 70% reculée ■1 à moins de de... 2 ans 60% ■ Moins d'un 85% 21% an Date 50% inchangée ■ Moins d'un 62% an 40% ■1 à moins de Date 2 ans d'atteinte 30% 2 à moins de 34% du taux 3 ans plein ■3 à moins de 20% avancée de... ■ 4 à moins de 7% 5 ans 10% 5% 8% ■ 5 ans ou plus 5% 3% 2% 2% 0%

Graphique 5.3 – Décalage de l'âge d'atteinte du taux plein en cas d'application des règles du secteur privé aux fonctionnaires, en fonction de l'ampleur du décalage

Champ > Personnes nées en 1958, affiliées à la fonction publique et liquidant à partir de 56 ans. Source > Modèle TRAJECTOiRE de la DREES.

Actifs

Ensemble

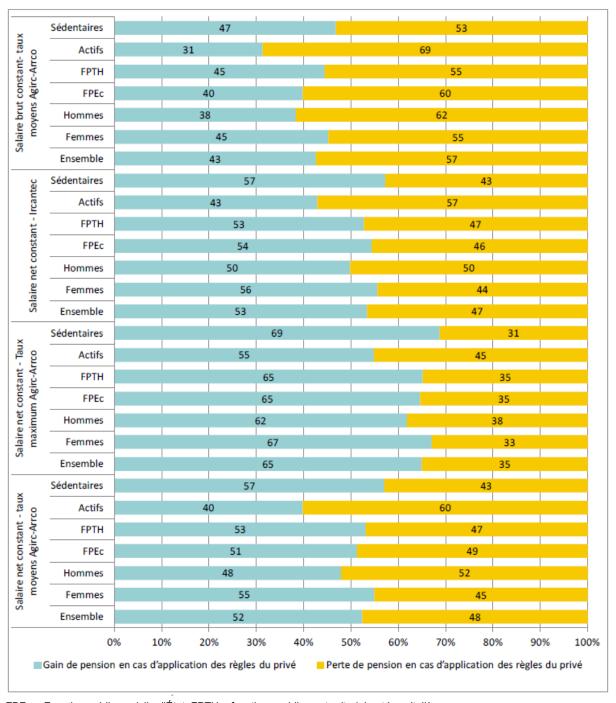
Simulation 2 : Simulation de l'application des règles du privé aux fonctionnaires – Le montant des pensions

Sédentaires

Les différences de règles pour le calcul de la pension entre le secteur public et le secteur privé entraînent de facto des montants de pension différents. La validation des trimestres cotisés est a priori plus avantageuse dans le secteur privé, excepté pour les faibles salaires, tout comme les trimestres accordés au titre de la maternité. A contrario, le calcul du salaire de référence est basé sur le traitement indiciaire moyen des 6 derniers mois dans le secteur public (hors primes donc) alors que ce sont les 25 meilleurs salaires annuels qui sont pris en compte pour la partie de la retraite versée par le régime de base, et la totalité de la carrière pour la partie de la retraite issue des régimes complémentaires dans le privé. Les taux de liquidation sont également différents entre le régime général et les régimes de la fonction publique; on ne peut toutefois pas directement comparer le taux de 50 % au régime général et le taux de 75 % dans la fonction publique, car pour les salariés du privé, les régimes complémentaires versent une pension de retraite, qui peut représenter une fraction importante de leur pension totale. Enfin, pour les assurés polyaffiliés ayant passé une partie de leur carrière dans le public et une autre dans le privé, le calcul des pensions séparément par chaque régime d'affiliation a des effets complexes. Au total, l'impact d'un passage aux règles du secteur privé pour les fonctionnaires titulaires est donc indéterminé a priori.

L'application des règles du privé est positive en termes de pension cycle de vie pour une majorité d'agents dans trois des quatre scénarios envisagés dans l'étude. 43 % des agents percevraient ainsi une pension plus élevée dans la simulation selon les règles du privé dans le scénario à salaires bruts constants contre 52 %, 65 % et 53 % pour les trois autres scénarios (graphique 5.4). La part des femmes percevant une pension de retraite plus élevée avec les règles du privé est supérieure à la part des hommes, conséquence de l'acquisition de trimestres de majoration de durée d'assurance au titre des enfants (+8,7 trimestres en moyenne).

Graphique 5.4 – Part de « perdants-neutres-gagnants » concernant la pension tous régimes cumulée sur le cycle de vie



 $\label{eq:FPEc} \textit{FPEc} > \textit{Fonction publique civile d'\'Etat. FPTH} > \textit{fonctions publiques territoriale et hospitalière}.$

Lecture > 52 % des agents de la fonction publique verraient leur pension tous régimes sur le cycle de vie augmenter lors du passage aux règles du secteur privé dans l'hypothèse d'un constance des salaires nets et d'une affiliation à l'Agirc-Arrco avec calcul des points aux taux de cotisations moyens.

Champ > Ensemble des retraités de la génération 1958 ayant été affiliés au moins une fois à un régime du secteur public, y compris versement forfaitaire unique.

Source > EIC 2013, modèle TRAJECTOiRE. Scénario macroéconomique du COR de janvier 2017 avec une croissance de 1,3 % et un taux de chômage de 7 % à terme.

6. Bibliographie

Legendre, F. (2019). <u>L'émergence et la consolidation des méthodes de microsimulation en France</u>. Économie et statistique.

La revue *Economie et Statistique* a consacré son numéro 481-482, publié en 2015, aux modèles de microsimulation appliqués aux politiques fiscales et sociales

Andrieux V., Bonnet C., Plouhinec C., Rapoport B., et Solard G. (janvier 2016). « Droits familiaux et dispositifs de solidarité du système de retraite », Dossier Solidarité et Santé n°72, DREES.

Aubert P., Duc C. et Ducoudré B. (décembre 2010), Le modèle Promess : Projection « méso » des âges de cessation d'emploi et de départ à la retraite, Document de travail. Série Études et Recherches n° 102, DREES.

Aubert P., Baraton M., Duc C. et Croguennec Y. (août 2012). Les polypensionnés, *Dossier Solidarité et Santé* n°32, DREES.

Aubert P., Plouhinec C. et Prouet E. (juillet 2015), « Les effets du temps partiel sur la retraite des salariés du privé et du public. Impact sur les taux de remplacement : une analyse par cas types », *Dossiers Solidarité et Santé*, n° 65, DREES.

Aubert P. et Plouhinec C. (2017). Les différences de retraites entre secteur public et secteur privé : une analyse par simulations sur carrière-type. *Economie et statistique* n°491-492, Insee.

Arnaud, F. (dir.) (juin 2019). Les retraités et les retraites, Panorama de la DREES.

Blanchet D. et Chanut J-M. (1996). Les retraites individuelles à long terme : une projection par micorsimulation. *Economie et statistique* n°315, Insee.

Chantel C. et Plouhinec C. (avril 2014), La réforme du minimum contributif applicable en 2012. *Dossier Solidarité Santé* n° 54, DREES.

Chartier F. (2019), « Fin 2016, trois retraités sur quatre perçoivent une pension brute inférieure à 2067 euros », Études et Résultats, n°1119, DREES.

Conseil d'orientation des retraites (COR) (juin 2019). Évolutions et perspectives des retraites en France. Rapport annuel du COR.

Duc C., Lequien L., Housset F. et Plouhinec C. (2015). Le modèle de microsimulation TRAJECTOiRE : un outil d'estimation des réformes de retraites tous régimes. *Economie et statistique* n°481-482, Insee, pp.121-148

Duc C. et Lermechin H. (mars 2013), CALIPER - Un outil de simulation pour le CALcul Interrégimes des PEnsions de Retraite. *Dossier Solidarité Santé* n° 37, DREES.

Duc C., Martin H. et Tréguier J. (décembre 2016), Les réformes des retraites de 2010 à 2015. Les Dossier de la DREES n° 9, DREES.

Duc C., Solard G. et Tréguier J. (mai 2017), Les différences de retraite entre secteur public et secteur privé : résultats de simulations. Les Dossier de la DREES n° 16, DREES.

TOULEMON L. (2001) « Combien d'enfants, combien de frères et sœurs depuis cent ans ? », *Population de Société* n°374.