

Le modèle de microsimulation Trajectoire : un outil d'estimation des réformes de retraites tous régimes

Cindy Duc *, Félix Housset **, Laurent Lequien **
et Corentin Plouhinec **

Le modèle Trajectoire, élaboré par la Drees, est un modèle de microsimulation dynamique dont l'objectif principal est de produire des projections des populations futures de retraités et de leur niveau de pension. Ce modèle permet d'envisager différents scénarios économiques. Il est également capable de simuler des modifications du système de retraite et d'en évaluer l'impact à long-terme. Cette évaluation peut être effectuée au niveau individuel (décalage de l'âge de liquidation, variation de pension, durée de retraite) et agrégé (effectifs de retraités et de liquidants, masse des pensions).

Ce modèle est fondé sur l'*Échantillon interrégimes de cotisants (EIC)* qui retrace, jusqu'en 2009, les trajectoires professionnelles d'un échantillon représentatif de 350 000 individus. Constitué à partir de données administratives des caisses de retraite, cet échantillon rassemble des informations riches et précises sur les éléments de carrière, il peut ainsi servir de base à une simulation fine de l'acquisition des droits directs dans la quasi-totalité des caisses de retraite françaises, et apporte, pour cette raison notamment, un regard complémentaire à celui des autres modèles de microsimulation existants.

Le modèle commence par prolonger les carrières des individus présents dans l'*EIC* au moyen d'un module de transition entre états sur le marché du travail. Les salaires sont ensuite simulés sur la base d'un modèle de données de panel. Le modèle simule ensuite les droits à retraite en s'appuyant sur deux outils préexistants : le module de simulation des âges de liquidation du modèle Promess et le programme Caliper qui calcule la pension de droit direct.

L'étude de la réforme des retraites du 20 janvier 2014 permet d'illustrer la manière dont Trajectoire estime l'impact d'un changement législatif et est capable de caractériser les effets individuels et globaux d'une réforme.

Codes JEL : J21, J26, J60.

Mots clés : trajectoire professionnelle, transition, microsimulation, dépendance d'état, retraite.

* Drees, Bureau des Retraites (cindy.duc@sante.gouv.fr).

** Drees, Bureau des Retraites (au moment de la rédaction de l'article).

Rappel :

Les jugements et opinions exprimés par les auteurs n'engagent qu'eux mêmes, et non les institutions auxquelles ils appartiennent, ni a fortiori l'Insee.

Le système des retraites français est complexe, et le calcul des droits à pension l'est encore plus : plus de 30 régimes de bases et plus de 30 régimes complémentaires existent en France, et les règles d'acquisition des droits et de calcul des pensions diffèrent d'une caisse à l'autre (cf. encadré 1). De plus, la plupart des travailleurs cotisent à plusieurs caisses de retraite durant leur carrière, ce qui rend d'autant plus compliqué le calcul de la pension de ces polypensionnés. Il faut pour cela disposer d'informations fines sur l'ensemble de leur carrière pour chaque caisse de retraite.

Plusieurs réformes ont modifié ce paysage ces dernières années (1993, 2003, 2008, 2010, 2014), en changeant les règles appliquées aux cotisants. Ces réformes montent en charge très lentement, parfois durant plusieurs décennies, le temps que l'ensemble des personnes partant à la retraite une année donnée soient touchées par la réforme¹.

Simuler l'impact d'une réforme nécessite donc de prendre en compte ces deux spécificités : la modélisation des carrières individuelles doit être suffisamment fine pour que le calcul des droits à pension puisse être conforme à celui réalisé dans la réalité, et l'horizon temporel doit être suffisamment important pour que les effets des réformes puissent être mesurés en régime de croisière. Le modèle Trajectoire a été développé par la Drees afin de répondre à ces deux exigences.

Pour cela, le modèle prolonge les trajectoires professionnelles des cotisants actuels jusqu'au départ à la retraite et produit ainsi des bases de données individuelles sur les retraités jusqu'en 2060. Les taux de chômage, de mortalité et d'immigration ainsi que le salaire moyen par tête et les règles de calcul des pensions sont paramétrables ce qui permet d'estimer différents scénarios. L'impact d'une réforme peut ensuite être analysé sous divers angles, tant individuels (décalage de l'âge de liquidation, variation de pension, durée de retraite...) qu'agrégés (effectifs de retraités et de liquidants, masse des pensions...).

Le modèle Trajectoire part des informations contenues dans l'*Échantillon interrégimes de cotisants* (EIC 2009, Drees). L'EIC retrace finement les trajectoires professionnelles d'un échantillon de 350 000 individus jusqu'au 31 décembre 2009 à partir des données administratives de la quasi-totalité des caisses de retraite. Cette richesse permet de simuler

finement l'acquisition des droits directs dans la quasi-totalité des caisses de retraite françaises de l'ensemble des personnes recensées à l'état civil, françaises ou étrangères, nées en France ou à l'étranger. Le modèle Trajectoire apporte ainsi un regard complémentaire sur les retraites à ceux donnés par les autres modèles de micro-simulation existants.

Les deux autres principaux modèles de micro-simulation sur les retraites en France sont le modèle Destinie de l'Insee (Blanchet *et al.*, 2011) et le modèle Prisme de la Cnav (Poubelle *et al.*, 2006). Destinie est un modèle tous régimes basé sur l'enquête *Patrimoine* de l'Insee. Il permet de donner une photo de la population et de sa décomposition en ménages jusqu'à l'horizon 2060 et d'estimer les pensions de droits directs mais également les pensions de réversion dans la mesure où il dispose d'une dimension ménage. C'est donc un modèle complémentaire au modèle Trajectoire. Prisme porte, quant à lui, sur le champ des affiliés à la sécurité sociale et estime des pensions de droits directs pour le compte propre du régime général. Ce modèle a l'avantage d'être basé sur un échantillon au 20^e des données administratives du régime général.

Le modèle Trajectoire prolonge les carrières des individus présents dans l'EIC en imputant chaque année un état sur le marché du travail et ce jusqu'à l'âge de 54 ans via une matrice de transition. La taille importante de l'EIC permet de modéliser 119 états annuels différents (affiliation dans une ou deux caisses de retraite, inactivité, emploi, chômage indemnisé, maladie...). D'autres variables nécessaires au calcul des pensions sont ensuite imputées à partir de ce squelette de carrière tel que les salaires, le nombre de trimestres cotisés, le nombre d'enfants... Un calage du taux de chômage par sexe et tranche d'âge est de plus effectué. On s'appuie ensuite sur le module de simulation des départs en retraite du modèle Promess (Aubert *et al.*, 2010) pour projeter les décisions de départ à la retraite par âge trimestriel après 54 ans ainsi que sur le module Caliper (Lermechin *et al.*, 2011 ; Duc *et al.*, 2013) qui estime la pension de droit direct.

Cet article décrit en premier lieu la simulation des trajectoires individuelles sur le marché du

1. Ainsi, l'Assurance vieillesse des parents au foyer (AVPF) a été créée en 1972, les premières générations de femmes qui ont bénéficié de l'AVPF dès le début de leur carrière partent à la retraite actuellement.

Encadré 1

LES RÉGIMES DE RETRAITE PRIS EN COMPTE DANS LE MODÈLE TRAJECTOIRE**Les régimes de base***Le régime général et les régimes alignés (4 régimes)*

Les salariés du secteur privé sont affiliés à la Cnav (Caisse nationale d'assurance vieillesse), les salariés agricoles sont affiliés à la MSA (Mutualité sociale agricole) des salariés et les indépendants, artisans et commerçants, au RSI (Régime social des indépendants). Le calcul de la pension de retraite est globalement harmonisé au sein de ces trois régimes. Ce sont des régimes en annuité, le salaire annuel valide des trimestres (150 heures au SMIC = 1 trimestre), la pension est calculée sur la base des 25 meilleurs salaires annuels.

La CnavPL (17 régimes)

Les individus exerçant une profession libérale sont tous affiliés à la CnavPL (Caisse nationale d'assurance vieillesse des professions libérales) pour leur régime de base. C'est à la fois un régime en annuité, les revenus validant des trimestres et un régime en point. La pension est calculée sur la base des points accumulés en plus d'une partie forfaitaire.

Les différents régimes de la CnavPL sont regroupés dans le modèle Trajectoire.

Les exploitants agricoles (1 régime)

Les exploitants agricoles sont affiliés à la Mutualité sociale agricole (MSA) exploitants. C'est un régime en points.

Les régimes intégrés*Les régimes de la Fonction publique et les régimes spéciaux (11 régimes)*

Tous les agents de la Fonction publique d'État civile et militaire sont affiliés au SRE (Service des retraites de l'État), les agents des collectivités locales et hospitalières à la CNRACL (Caisse nationale de retraite des agents des collectivités locales) et les ouvriers d'État au FSPOEIE (Fonds spécial des pensions des ouvriers des établissements industriels de l'État).

Les agents des régimes spéciaux (SNCF, RATP, Enim, CANSSM, IEG, Banque de France) ont une législation quasiment harmonisée.

Ce sont des régimes en annuité, le temps de travail valide des durées de service. La pension est calculée sur la base du traitement des six derniers mois (hors primes).

Ces différents régimes sont regroupés dans le modèle Trajectoire.

Les régimes complémentaires*Les régimes complémentaires des salariés du privé (2 régimes)*

Les salariés du secteur privé cotisent au régime complémentaire Arrco, les cadres à l'Arrco et à

l'Agirc. Ces deux régimes sont des régimes en points.

Le régime complémentaire des non titulaires de la Fonction publique (2 régimes)

Les non titulaires du secteur public cotisent à l'Ircantec. C'est un régime en point. L'Ircantec est également le régime complémentaire des élus.

Le régime complémentaire des indépendants (2 puis 1 régimes)

Les artisans et commerçants du RSI cotisent également au régime complémentaire du RSI. Ce régime en points était initialement distinct pour les artisans et commerçants, il a fusionné au 1^{er} janvier 2013.

Les régimes complémentaires des professions libérales (20 régimes complémentaires et 5 régimes supplémentaires)

Chaque profession libérale a un régime complémentaire, voire un régime supplémentaire. Ce sont des régimes en points.

Le régime complémentaire des exploitants agricoles (1 régime)

Les exploitants agricoles cotisent au régime complémentaire des exploitants agricoles. C'est un régime en points.

La retraite additionnelle de la Fonction publique (1 régime)

Les agents des trois Fonctions publiques cotisent de façon obligatoire à ce régime complémentaire en points depuis le 1^{er} janvier 2005.

Tous ces régimes sont pris en compte dans le module de carrière et le module de comportement de départ.

En revanche, dans le module d'estimation des droits, la CnavPL n'a pas encore été implémentée.

Quelques régimes de retraite sont absents de nos sources de données (EIC et EIR) et donc du modèle Trajectoire : l'Opéra de Paris, la Comédie française, le port autonome de Strasbourg et la retraite complémentaire des artistes auteurs d'œuvres originales (IRCEC, RACL et RACD). Pour ce dernier régime, nous disposons néanmoins des carrières du régime de base (CNAV). Ces quatre régimes comptaient au 31 décembre 2012 respectivement 1 712, 378, 203 et 6 245 retraités et 1 823, 343, 156 et 30 848 cotisants. En comparaison, le régime général comptait plus de 13 millions de retraités et près de 18 millions de cotisants.

A ceux-ci nous pouvons ajouter le régime d'allocations viagères aux gérants de débits de tabac (RAVGDT, 37 000 allocataires en 2011), le régime temporaire des maîtres de l'enseignant privé sous contrat (RETREP) et le régime complémentaire associés (RAEP) ou les régimes en extinction tel que celui de la Seita.

travail, depuis l'entrée dans la vie active jusqu'à l'âge de 54 ans, ainsi que l'imputation des salaires. On détaille ensuite le fonctionnement du module Promess de comportement de départ à la retraite, duquel sont issus des âges trimestriels de fin de cotisation, de fin de validation et de liquidation ainsi que celui du module Caliper de calcul des pensions de droits directs. Enfin, l'article se conclut avec les résultats des simulations de l'impact de la dernière réforme en date, celle correspondant à loi du 20 janvier 2014.

Le prolongement des carrières individuelles disponibles dans l'EIC

Imputation des générations manquantes de l'EIC

Le modèle Trajectoire s'appuie sur l'EIC, dont la version la plus récente contient des informations sur les carrières d'un échantillon d'individus jusqu'au 31 décembre 2009 (cf. encadré 2). Aux générations EIC (une sur quatre) sont ajoutées les générations intermédiaires. Les générations non présentes dans l'EIC sont créées à partir des effectifs (par sexe) donnés par le

RNIPP² et les générations EIC (cf. tableau 1). Afin de réaliser des simulations jusqu'en 2060, des générations nées entre 1987 et 2009 sont également imputées (en 2060, la génération 2009 atteindra 51 ans ; la quasi-totalité des retraités appartiendra donc à la génération 2009 ou à une génération antérieure). Ces générations sont créées de manière similaire, en dupliquant des individus de la génération 1986 et en se calant sur les effectifs de population donnés par l'Insee³.

Selon une analyse récente sur les débuts de carrière, on constate une stagnation de l'âge d'insertion dans la vie active depuis la génération 1980 (Salembier, 2015). Pour cette raison, nous préférons imputer les générations nées entre 1987 et 2009 en nous basant uniquement sur la génération 1986 puis prolonger leur carrière en utilisant le modèle de microsimulation plutôt que de les imputer à partir d'une génération plus âgée.

2. Répertoire national d'identification des personnes physiques.
3. Les effectifs de population donnés par l'Insee sont arrêtés au 31 décembre. Lorsque les individus de la génération 1986 (qui ont 23 ans fin 2009) sont dupliqués pour représenter une génération plus récente, par exemple la génération 1990 (qui a 19 ans fin 2009), ces effectifs de la génération 1990 donnés par l'Insee au 31 décembre 2009 sont corrigés de l'immigration et de la mortalité entre 19 ans et 23 ans.

Encadré 2

L'ÉCHANTILLON INTER-RÉGIMES DE COTISANTS (SALEMBIER, 2013)

La Drees, en collaboration avec l'ensemble des régimes de retraite, a constitué un outil statistique : l'*Échantillon interrégimes de cotisants (EIC)*. Cet outil fournit une photographie de la situation des droits à retraite acquis dans ces régimes en France, pour un large échantillon d'actifs de différentes générations.

La Drees interroge dans ce cadre, tous les quatre ans, la quasi-totalité des organismes de retraite obligatoire, de base et complémentaire sur les droits à la retraite acquis par un échantillon anonyme d'individus (durées validées, motif de validation, salaires portés au compte, points acquis...). L'EIC est issu du rapprochement, individu par individu, d'informations provenant des différents régimes de retraite : c'est le seul outil permettant une connaissance globale des droits à la retraite acquis par les actifs, sans reconstitution à partir de données déclaratives.

La troisième vague de l'EIC (EIC 2009) a été conçue pour représenter les personnes ayant entre 23 et 75 ans au 31 décembre 2009. L'échantillon est constitué de personnes nées une année paire sur deux.

Il couvre ainsi une génération sur quatre et le taux de sondage est de 2,7 % par génération tirée, ce qui représente environ 23 000 personnes par génération.

Le champ de l'EIC comprend tous les individus de l'échantillon qui sont ou ont été affiliés (y compris les personnes déjà parties à la retraite) pour des droits directs, au moins une fois au cours de leur carrière, à un des régimes de retraite partenaires de l'opération (Près de 7 % des individus ne sont retrouvés dans aucune des caisses : il peut s'agir soit de personnes n'ayant jamais cotisé, soit de personnes ayant cotisé dans un des régimes de base non pris en compte dans l'EIC, cf. encadré 1).

L'EIC est complété des informations fournies par l'Insee et issues des *Déclarations annuelles de données sociales (DADS)*, du fichier des agents de l'État, et de données fournies par le ministère de la Défense. Par ailleurs, des données sont également recueillies pour tous les individus auprès de Pôle emploi, elles permettent de disposer de certaines périodes assimilées ouvrant droits à retraite.

Définition des états sur le marché du travail

Pour chaque individu, le modèle définit un état annuel sur le marché du travail. Cet état annuel est composé d'un état dit principal, et éventuellement d'un état dit secondaire. La richesse de l'EIC nous permet de définir des états principaux et secondaires assez fins. L'un des objectifs 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. En particulier, des caisses ayant des règles différentes doivent être distinguées.

Nous définissons ainsi 13 états dont 8 reflètent des situations d'emploi et 5 de non emploi (cf. tableau 2). La distinction « Cnav cadres », « Cnav non cadres » et « Cnav non titulaires » est faite car elle est indispensable pour le calcul de la pension de retraite en tenant compte des

droits accumulés dans les régimes complémentaires (seuls les cadres cotisent à l'Agirc, les non titulaires à l'Ircantec). Ces 13 états peuvent être combinés une même année civile en un couple « état principal / état secondaire » lorsqu'une personne a connu plus d'un état cette année-là (par exemple « Cnav non cadre / RSI »)⁴. Dans ce cas, l'état principal est le régime avec le plus grand nombre de trimestres cotisés, l'état secondaire étant l'autre. S'il y a égalité, le régime principal est celui avec la rémunération la plus élevée.

Nous avons fait l'hypothèse que les états d'emploi étaient prioritaires par rapport à ceux de non-emploi. Ainsi, si une personne a été la

4. Pour les individus ayant connu plus de deux états pendant une année civile, seuls les deux principaux sont retenus, les états d'emploi étant prioritaires. Ainsi, un individu ayant une cotisation Cnav, une cotisation RSI et une cotisation CnavPL, aura comme état annuel Cnav/RSI si les cotisations à la CnavPL sont inférieures à celles de la Cnav et du RSI.

Tableau 1
Imputation des générations manquantes de l'EIC

	Génération N	Génération présente dans l'EIC
	Génération nées entre 1934 et 1986	Génération N+1
Génération N+2		Effectifs par sexe égaux aux effectifs donnés par le RNIPP (rapportés au taux de sondage de l'EIC, 2,7 %) 50 % des individus tirés aléatoirement dans la génération N parmi les individus de même sexe 50 % des individus tirés aléatoirement dans la génération N+4 parmi les individus de même sexe
Génération N+3		Effectifs par sexe égaux aux effectifs donnés par le RNIPP (rapportés au taux de sondage de l'EIC, 2,7 %) 25 % des individus tirés aléatoirement dans la génération N parmi les individus de même sexe 75 % des individus tirés aléatoirement dans la génération N+4 parmi les individus de même sexe
Génération N+4		Génération présente dans l'EIC
Génération nées entre 1987 et 2009	Génération N	Effectifs par sexe égaux aux effectifs donnés par le RNIPP (rapportés au taux de sondage de l'EIC, 2,7 %) 100 % des individus tirés aléatoirement dans la génération 1986 parmi les individus de même sexe

Tableau 2
Liste des états possibles

Emploi	Non emploi
Cnav non cadres	Chômage indemnisé
Cnav cadres	Maladie
Cnav non titulaires	AVPF
MSA salariés	Inactif
MSA exploitants	Retraite
RSI	
Fonction publique	
Professions libérales	

même année affiliée à deux caisses de retraite au titre d'un emploi (Cnav et Fonction publique par exemple) et au chômage, seuls les deux états d'emploi seront conservés. De même, si un individu a une période d'emploi et une période de non-emploi (AVPF⁵, chômage indemnisé, maladie ou inactivité) la période d'emploi sera définie comme état principal, et celle de non emploi comme état secondaire.

Les années où les individus ont uniquement connu des périodes de non emploi (AVPF, chômage indemnisé, maladie ou inactivité), cet état sera l'état principal. Cependant, le modèle conserve en mémoire dans un état secondaire « factice » le dernier régime d'appartenance. De cette façon, il est possible de tenir compte du fait que des personnes ayant cessé leur emploi et étant au chômage indemnisé (respectivement en maladie, en inactivité ou percevant l'AVPF) retournent plus fréquemment dans leur dernière caisse d'appartenance lorsqu'elles reprennent un emploi⁶. Enfin, l'état « retraite » concerne les personnes qui ont liquidé un droit à retraite. Il est systématiquement placé en état principal, et n'est pas accompagné d'un état secondaire⁷.

Ces conventions conduisent à définir 119 combinaisons « état principal / état secondaire » possibles, dont 85 correspondent à de l'emploi en état principal et 34 à du non emploi (cf. annexe 1).

À titre de comparaison, le module de transition du modèle Prisme de la Cnav a un pas trimestriel et simule sept situations sur le marché du travail : salarié du régime général, salarié d'un autre régime aligné, en emploi dans un autre régime, chômage, maladie avec indemnités journalières, invalidité ou accident du travail et inactivité ne permettant pas de valider de trimestres. Dans Destinie, le pas est annuel et sept situations sur le marché du travail sont simulées : inactif, chômage, maladie, indépendant, salarié du privé, contractuel de la Fonction publique, titulaire de la Fonction publique (Bachelet *et al.*, 2014).

Les 119 états du modèle Trajectoire ne sont pas tous présents à un âge donné pour une génération donnée, et parmi ces derniers, certains ont des effectifs très restreints. Par exemple, seuls 97 états sont représentés pour la génération 1974 à 31 ans (cf. annexe 2). Parmi eux, les salariés non cadres de la Cnav représentent à eux seuls 28 % de la génération alors que les polycotisants RSI-MSA salariés ne représentent que 0,01 %. Les inactifs ou non-résidents⁸

représentent une forte proportion de la génération à 31 ans (18,5 %) dans la mesure où tous les individus sont présents dans la base à partir de 14 ans, y compris, formellement, les immigrés qui n'arriveront en France qu'après cet âge. La catégorie « inactivité » regroupe donc en plus des inactifs temporaires, les individus non encore rentrés sur le marché du travail à l'âge N (qu'ils travaillent un jour ou non), les chômeurs non indemnisés de début de carrière n'ayant jamais travaillé auparavant, les allocataires d'aides non soumises aux cotisations retraites (RSA, AAH...), les émigrés (qu'ils reviennent en France ou pas) et les immigrés de cette génération jusqu'à l'année précédent leur arrivée en France (catégorie « ina » soit 8,7 %). Les matrices de transition dépendant du pays de naissance, de l'âge de début d'activité et de durée dans l'état permettent de différencier ces cas afin de ne pas leur appliquer les mêmes transitions.

Prolongement des carrières grâce à un modèle de transition entre états

Une fois établie la liste des états possibles sur le marché du travail, le modèle Trajectoire simule pour chaque individu et chaque année une transition entre deux états. Le modèle des transitions de carrière est appliqué à chaque génération entre 2009⁹ (dernière année d'observation dans l'EIC) et 2060, jusqu'à l'âge de 54 ans.

Pour chaque année civile, les simulations de l'ensemble des générations sont calées sur des cibles de taux de mortalité et de chômage (Duc *et al.*, 2013). Nous effectuons un calage sur la série annuelle des taux de chômage par sexe et tranche d'âge retenue par le COR dans le scénario B de ses projections financières de 2014. Nous appliquons un taux de mortalité par sexe et âge issu des projections de population active de l'Insee. Le ministère de l'intérieur fournit des statistiques concernant l'attribution annuelle

5. L'Allocation vieillesse de parents au foyer permet de cotiser et d'avoir un salaire porté au compte au régime général pendant les périodes d'arrêt total ou partiel d'activité pour éducation d'un enfant.

6. C'est ce que les transitions observées attestent.

7. Cette hypothèse porte uniquement sur les carrières avant l'âge de 54 ans, il y a donc peu de personnes concernées par cette situation. Après 54 ans, le module de comportement de départ à la retraite autorise une personne à être retraitée d'une caisse et cotisante d'une autre caisse la même année (cf. *infra*, développement sur l'impact de la réforme du 20 janvier 2014).

8. Nous ne disposons pas du lieu de résidence dans l'EIC. Dès lors, lorsqu'un individu sort de la base de données pendant quelques années, nous ne pouvons déterminer si cela est dû à un emploi à l'étranger ou à de l'inactivité.

9. Sauf pour les générations intermédiaires pour lesquelles la simulation peut commencer en 2006, 2007 ou 2008.

des premiers titres de séjour, selon les motifs d'admission (économique, familial, étudiant, divers, humanitaires). Entre 2008 et 2014, ces attributions sont en légère augmentation passant de 180 000 à 210 000. Nous avons retenu l'hypothèse d'un flux brut de 200 000 individus¹⁰ supplémentaires par an¹¹ (soit, rapportés au taux de sondage de l'*EIC*, 5 500 individus).

Le modèle de transition utilisé simule le passage d'un état à l'âge N vers un état à l'âge N+1 en fonction des caractéristiques individuelles observées antérieures 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 dans l'*EIC* 2009 (cf. tableau 3). Le choix de prendre la génération la plus récente et non la totalité des générations tient au fait qu'il existe une évolution assez importante des comportements entre les générations (Salembier, 2013 et 2015). Le comportement des générations les plus anciennes ne reflète pas forcément celui des générations plus récentes notamment en termes d'aléas de carrière (chômage, inactivité...) et d'accès au marché du travail pour les femmes (Rapoport, 2009 ; El-Mekkaoui de Freitas *et al.*, 2011).

Les transitions sont effectuées en tenant compte du sexe, du pays de naissance et de l'âge auquel l'individu a cotisé pour la première fois trois trimestres au cours d'une année civile (regroupé en trois catégories relatives intra génération : 1^{er} tercile, 2^e tercile et 3^e tercile de la distribution). Cette dernière variable résume le calendrier d'entrée dans la vie active (périodes de chômage non comprises). En plus de ces éléments fixes au cours d'une carrière, nous conditionnons également par l'ancienneté de la personne dans l'état qu'elle occupe à l'âge N : depuis deux ans ou moins, entre trois et sept ans,

depuis huit ans ou plus¹². Cette distinction 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 un an ou huit ans que l'on est en maladie).

Au sein de chaque groupe défini par les variables de conditionnement ci-dessus, le modèle affecte aléatoirement à chaque individu un état en N+1, de manière à respecter les probabilités de transition observées dans l'*EIC*. Par exemple, supposons de façon fictive que les transitions observées entre 31 et 32 ans soient les suivantes pour les femmes de la génération 1974, nées en France, entrées sur le marché du travail avant 18 ans, à la MSA salariés à 31 ans et ce depuis 2 ans ou moins :

- 65 % restent à la MSA salariés ;
- 25 % passent de la MSA salariés à la « CNAV non cadres » ;
- 5 % passent de la MSA salariés à la maladie ;
- 5 % passent de la MSA salariés au chômage indemnisé.

10. Avec une répartition par âge de 10 % avant 17 ans, 24 % entre 18 et 24 ans, 49 % entre 25 et 34 ans et 17 % pour les 35 ans et plus.

11. Les individus qui sont dans l'échantillon de Trajectoire ne peuvent en sortir. Ainsi les personnes qui émigrent sont considérées comme inactives dans le modèle lorsqu'elles sortent de France. Elles conservent les droits acquis dans les régimes de retraite français.

12. Cette subdivision partage une génération à 31 ans en trois classes regroupant chacune environ un tiers des effectifs. Dans le modèle Prisme, la dépendance d'état est prise en compte en conservant en mémoire les états sur les 16 trimestres précédents.

Tableau 3
Génération de l'*EIC* servant au calibrage des matrices de transition

Matrice de transition pour les âges...	Génération de l' <i>EIC</i> servant au calibrage
23 ans et moins	1986
24, 25, 26, 27 ans	1982
28, 29, 30, 31 ans	1978
32, 33, 34, 35 ans	1974
36, 37, 38, 39 ans	1970
40, 41, 42, 43 ans	1966
44, 45, 46, 47 ans	1962
48, 49, 50, 51 ans	1958
52, 53, 54 ans	1954

Si l'on observe que 100 femmes de la génération 1978, nées en France, entrées sur le marché du travail avant 18 ans, sont à la MSA salariés à 31 ans et ce depuis 2 ans ou moins, alors 65 femmes (choisies aléatoirement) sont affectées à l'état « MSA salariés » à 32 ans, 25 autres vont dans l'état « CNAV non cadres », cinq autres dans l'état « maladie/MSA salariés » et les cinq dernières dans l'état « chômage indemnisé/MSA salariés ».

Vérification de la cohérence temporelle des carrières simulées

Par construction, Trajectoire réplique fidèlement les distributions annuelles des transitions. En revanche, les distributions de carrières complètes sont correctes uniquement si l'hétérogénéité individuelle et la dépendance des états sont bien spécifiées. Les simulations doivent produire la bonne proportion de carrières très heurtées (de nombreux changements d'état durant la carrière) et très lisses (peu ou pas de changements d'état durant la carrière). De plus, la propension d'une personne à changer d'état dans la partie de carrière simulée doit être cohérente avec le début de carrière observé.

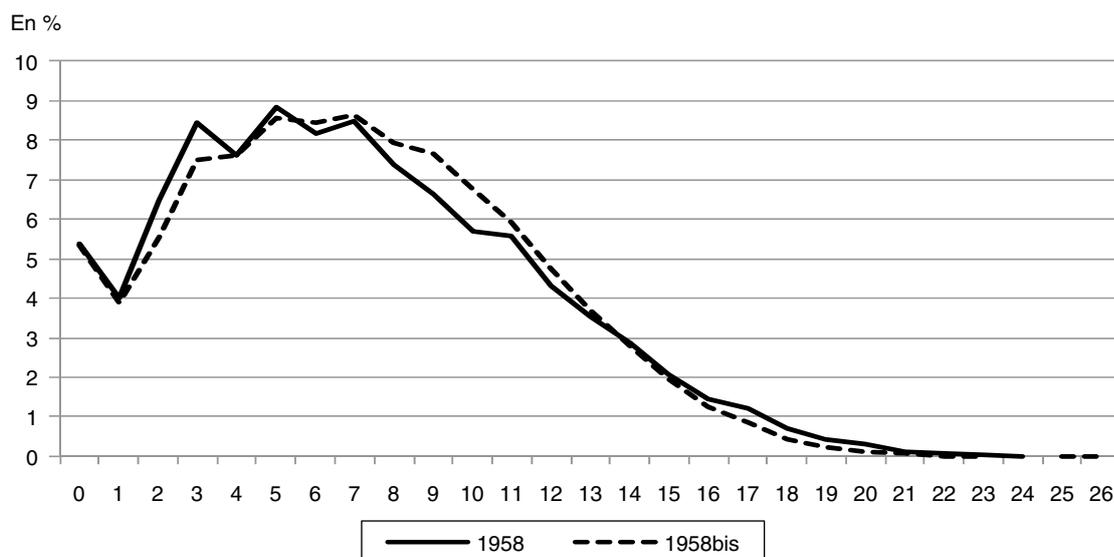
Pour vérifier si les spécifications choisies sont correctes et notamment si la dépendance d'état est correctement prise en compte, nous

comparons, pour la génération 1958, les carrières observées dans l'EIC et celles observées si Trajectoire avait simulé les carrières pour cette génération¹³. Une génération 1958bis a été créée en simulant les carrières des cotisants nés en 1958 entre 32 et 47 ans à partir des états observés dans l'EIC avant 32 ans. Il faut noter que les transitions de la génération 1958bis sont calibrées à l'aide de la génération 1958 à tous les âges. Cette procédure se distingue de celle décrite dans la partie précédente sur le prolongement des carrières où la génération qui permet de calibrer les transitions change en fonction de l'âge. On évite ainsi d'appliquer à la génération 1958bis des comportements de générations plus anciennes qui pourraient différer de ceux de la génération 1958.

Les distributions du nombre de transitions de la génération observée (1958) et de la génération simulée (1958bis) sont très proches entre 14 ans et 47 ans, que l'on considère les transitions entre états (cf. figure I) ou entre états principaux sans tenir compte des états secondaires (cf. figure II). Trajectoire semble donc correctement répliquer la diversité des parcours individuels observés dans l'EIC. De plus, la partie de carrière simulée après 31 ans est cohérente avec la carrière observée avant 31 ans, au sens où les personnes

13. L'exercice a été effectué sur la base de l'EIC2005.

Figure I
Nombre annuel de changements d'état entre 14 et 47 ans



Lecture : la génération 1958bis est imputée en prolongeant les carrières de la génération 1958 après 31 ans grâce à une matrice de transition estimée à partir de la génération 1958.
Champ : individus de la génération née en 1958
Source : EIC 2005, modèle Trajectoire de la Drees.

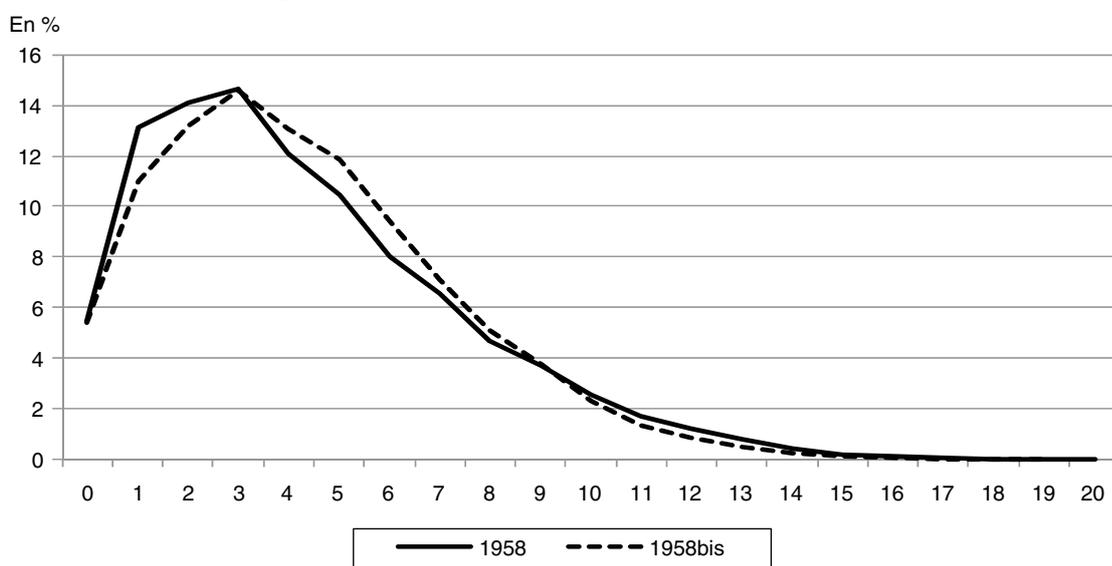
qui changent souvent d'état avant 31 ans continuent à le faire dans la carrière simulée après 31 ans, et inversement. La spécification retenue pour le conditionnement par l'ancienneté dans l'état semble donc faire correctement le lien entre la carrière observée et la carrière simulée.

En outre, la comparaison entre les nombre d'années d'emploi entre 32 et 47 ans (c'est-à-dire sur la partie de la carrière simulée) de la génération 1958 et de la génération simulée (1958bis) montre que ceux-ci sont extrêmement proches (cf. tableau 4). Ce test est important dans la mesure où les années d'emploi donnent lieu à

des salaires portés au compte pour le calcul du salaire annuel moyen (SAM) servant de base pour la pension de retraite des salariés du privé. De plus, de nombreux dispositifs (minimum contributif majoré, départ anticipé pour carrière longue...) sont soumis à une contrainte de trimestres cotisés par un report au compte.

Il est également important que le modèle rende compte fidèlement des situations de polycotisation. En effet, lorsqu'un assuré cotise à plusieurs régimes au cours d'une même année, la somme des trimestres validés dans chaque régime peut dépasser quatre trimestres, avec un

Figure II
Nombre annuel de changements d'états principaux entre 14 et 47 ans



Lecture : la génération 1958bis est imputée en prolongeant les carrières de la génération 1958 après 31 ans grâce à une matrice de transition estimée à partir de la génération 1958.
Champ : individus de la génération née en 1958.
Source : EIC 2005, modèle Trajectoire de la Drees.

Tableau 4
Diverses comparaisons entre la génération 1958 et la génération 1958bis

Indicateur	Sexe	1958	1958bis
Nombre moyen d'années d'emploi entre 32 et 47 ans	Homme	12,67	12,67
	Femme	10,59	10,62
Nombre moyen d'années de polycotisation entre 32 et 47 ans	Homme	0,5	0,48
	Femme	0,35	0,33
Pourcentage d'individus polyaffiliés entre 32 et 47 ans	Homme	17,8%	19,5%
	Femme	14,0%	15,5%

Lecture : la génération 1958bis est imputée en prolongeant les carrières de la génération 1958 après 31 ans grâce à une matrice de transition estimée à partir de la génération 1958. Une année d'emploi est une année civile où l'état principal est une situation d'emploi. Une année de polycotisation est une année civile où l'état principal et l'état secondaire correspondent à une situation d'emploi. Un individu est polyaffilié s'il a été affilié à au moins 2 caisses différentes (en état principal) entre 32 et 47 ans.
Champ : individus de la génération née en 1958.
Source : EIC 2005, modèle Trajectoire de la Drees.

effet potentiellement significatif sur sa pension *via* le taux de proratisation. Le nombre moyen d'années de polycotisation est très proche entre les carrières observées et les carrières simulées.

Trajectoire surestime légèrement la proportion de polyaffiliés de 1,5 point de pourcentage, en revanche les distributions du nombre d'années passées dans la première caisse (en termes de durée) et dans la deuxième caisse sont similaires dans les deux générations (cf. figure III). Tous ces résultats semblent indiquer que la spécification retenue pour la simulation des trajectoires sur le marché du travail donne des résultats satisfaisants¹⁴.

La simulation des salaires

Des équations différenciées selon le statut

Une fois les générations manquantes imputées et les carrières projetées jusqu'à 54 ans, le modèle Trajectoire simule les salaires annuels (revenus d'activité non salariée) lorsque ceux-ci ne sont pas connus. Pour cela des équations de salaire sont estimées à partir de l'EIC 2009¹⁵ ainsi que des sources appariées à l'EIC (panel DADS, panel État, cf. Duc *et al.*, 2013).

Au sein des équations de salaire, le salaire est normalisé en utilisant la valeur du salaire moyen par tête de l'année courante (SMPT) de façon à estimer l'évolution des revenus propre à l'individu sans prendre en compte les gains moyens de productivité. Dans la mesure où les équations sont estimées par sexe, le SMPT est corrigé de l'évolution de la structure par sexe des salariés. À partir de 2010, ce terme correctif est laissé à son niveau constaté en 2008 et 2009, soit 1,16 pour les hommes et 0,82 pour les femmes. Le SMPT est supposé suivre l'évolution de la productivité du scénario B des projections financières du COR (3,25 % en nominal à terme¹⁶).

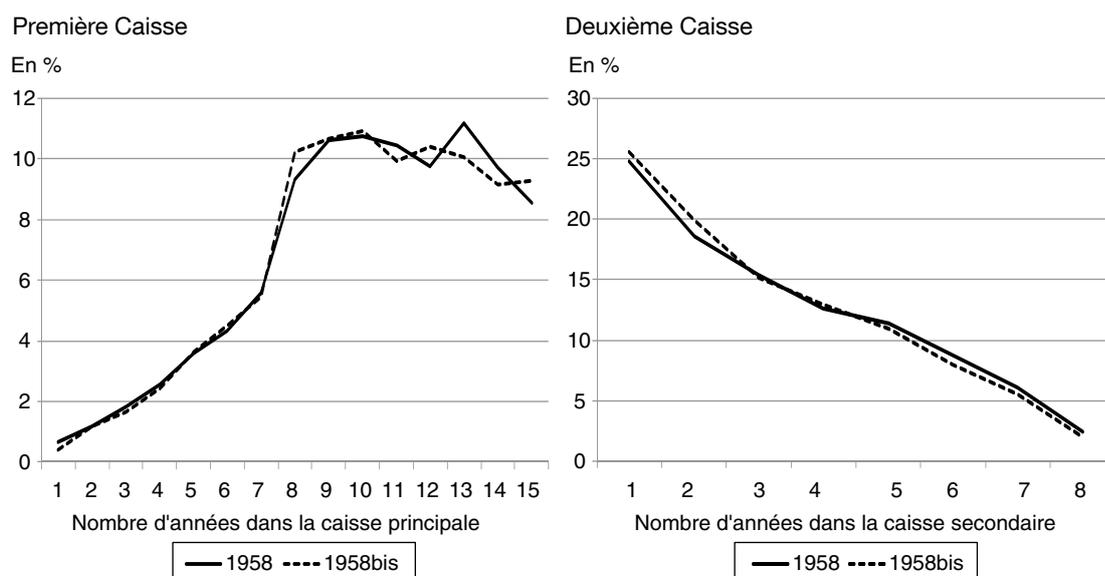
La structure des salaires ainsi que la qualité et la quantité de données disponibles pour les simuler diffèrent grandement selon les régimes, le sexe et le niveau d'étude. Pour cette raison,

14. D'autres tests (sur d'autres générations, ou portant uniquement sur la comparaison des carrières simulées entre 32 et 47 ans) ont été conduits et vont également dans ce sens. Ainsi, la répartition par état à 47 ans est très proche pour les générations 1958 et 1958bis.

15. Des salaires « déplafonnés » (c'est-à-dire non réduits au plafond de la sécurité sociale) ont été, le cas échéant, reconstitués à partir d'éléments fournis, dans le cadre de l'EIC, par les régimes complémentaires.

16. Le SMPT est supposé augmenter en euros constants de 1,5 % par an, et l'inflation de 1,75 %. L'hypothèse d'évolution peut être modifiée le cas échéant.

Figure III
Distribution du nombre d'années dans les différentes caisses pour les polyaffiliés



Lecture : un individu est polyaffilié s'il a été affilié à au moins deux caisses différentes (en état principal) entre 32 et 47 ans. La première caisse est la caisse avec le plus grand nombre d'occurrences en état principal durant la carrière d'un individu. La génération 1958bis est imputée en prolongeant les carrières de la génération 1958 après 31 ans grâce à une matrice de transition estimée à partir de la génération 1958.

Champ : polyaffiliés des générations 1958 et 1958bis.
Source : EIC 2005, modèle Trajectoire de la Drees.

les équations de salaire sont estimées séparément par sexe, selon l'âge du début de carrière (supérieur ou inférieur à la médiane des individus de même sexe et appartenant à la même génération) et pour huit états d'emploi : salariés du privé affiliés à la Cnav et à l'Arcco, cadres affiliés à la Cnav et à l'Agirc, non titulaires de la Fonction publique affiliés à la Cnav et à l'Ircantec, salariés du privé affiliés à la MSA, indépendants affiliés au RSI, exploitants agricoles, professions libérales et secteur public. Chacune des équations estime un salaire relatif pour chacun des états possibles concernant la caisse d'affiliation. Ainsi, l'équation de salaire des salariés non cadres estime d'une part un

salaire lorsque l'état « Cnav non cadre » est un état principal auquel cas les états secondaires sont parmi les déterminants ; et d'autre part un salaire lorsque c'est l'état « Cnav non cadre » qui est l'état secondaire, auquel cas les états principaux font partie des déterminants.

Par ailleurs, les variables utilisées peuvent différer selon les équations. Ces choix de modélisation ont été réalisés de manière à avoir des coefficients réalistes et à maximiser les critères de performance usuels.

De façon générale, l'équation de salaire relatif est du type :

$$\ln\left(\frac{\text{salaire}_{i,t}}{\text{SMPT}_i * \text{structure}}\right) = \alpha_0 + \alpha_1 D_{i,t} + \alpha_2 D_{i,t}^2 + \alpha_3 D_1er + \beta_1 E_{i,t} + \beta_2 E_{i,t}^2 \\ + \gamma_1 Age + \gamma_2 Age^2 + \delta_N \text{Princ_}X_{i,t} + \delta_M \text{Sec_}X_{i,t} \\ + \tau_1 \text{Interruption_}N-1_{i,t} + \tau_2 \text{Interruption_}der5ans_{i,t} + u_i + \varepsilon_{i,t}$$

Avec

- D : la durée passée sur le marché du travail ;
- D_1er : une indicatrice de première année de travail ;
- E : l'ancienneté dans l'emploi actuel, ce compteur revient à 0 si une année l'individu est en non-emploi ou change de caisse d'affiliation ;
- $\text{Interruption_}N-1$: une indicatrice d'interruption d'emploi en N-1 ;
- $\text{Interruption_}der5ans$: une variable regroupant le fait d'avoir interrompu sa période d'emploi au moins 1 fois au cours des 5 dernières années ;
- $\text{Princ_}X$: l'état principal prenant les modalités $cn1$ (non cadre affilié à la Cnav), $cn2$ (cadre affilié à la Cnav), $cn3$ (non titulaire de la fonction publique affilié à la Cnav), pub (titulaires de la fonction publique), et msa , rsi , exp et aut pour respectivement des affiliations à la MSA-salariés, au RSI, à la MSA-non salariés et à la CnavPL ;
- $\text{Sec_}X$: l'état secondaire pouvant prendre les mêmes valeurs que $\text{Princ_}X$ ainsi que les modalités $chom$ (chômage indemnisé), mal (maladie/maternité) et $avpf$ (AVPF).

Afin de prendre en compte les caractéristiques individuelles, un modèle à effets fixes est utilisé pour l'estimation des équations de salaire. Le test d'Hausman valide ce choix. L'équation est estimée en retirant du champ les salaires appartenant aux deux premiers et aux deux derniers centiles de la distribution des salaires, entre les années 1976 (1978 pour le secteur public) et 2009.

Imputation des salaires et prise en compte des effets fixes individuels

Une fois les coefficients estimés, des salaires peuvent être imputés pour les années où la carrière a été simulée. Par ailleurs, les équations de salaire étant estimées grâce à un modèle à effets fixes, des effets fixes sont attribués à chaque individu pour chacun de leurs états d'emploi. Ces effets fixes modélisent par exemple le fait que si un individu a eu un début de carrière atypique, il y a de forte chance que la suite de sa carrière soit également atypique.

Si pour un individu donné, au moins trois salaires sont déjà renseignés, les effets fixes sont imputés à partir de ces salaires. Cela permet d'assurer une cohérence au sein de chaque

carrière entre les salaires imputés et les salaires initialement présents. Dans le cas où les effets fixes ne peuvent pas être estimés, ils sont tirés au sort parmi ceux des individus de même sexe et ayant un âge de début de carrière similaire (supérieur ou inférieur à la médiane des individus de même sexe et appartenant à la même génération). Si un individu est affilié à différents régimes, les effets fixes attribués à chacun de ces régimes sont tirés au sein du même quartile d'effets fixes afin d'avoir des effets fixes cohérents entre les régimes.

Les résultats des estimations pour les hommes sont présentés dans les tableaux 5 et 6 et les

résultats des estimations pour les femmes sont présentés dans les tableaux 7 et 8. Les coefficients des différentes variables explicatives ont des effets en général conformes à l'intuition, le fait de s'interrompre momentanément de travailler (*Interruption N-1*) a notamment un effet négatif sur le salaire. Pour les femmes, percevoir l'AVPF a néanmoins un impact positif sur le salaire pour les affiliées à la MSA, au RSI et les exploitantes agricoles. Cela est surprenant puisque le versement de l'AVPF se fait lors d'un arrêt au moins partiel du travail. Ce résultat est cependant confirmé par le fait que les femmes affiliées à ces caisses et bénéficiant de l'AVPF sont celles qui ont en moyenne un salaire plus

Tableau 5
Équations de salaires pour les hommes ayant un début de carrière inférieur à la médiane

	Cnav Non cadres	Cnav Cadres	Cnav Non titulaires	MSA Salariés	RSI	Professions libérales	MSA Non Salariés	Secteur public
D	0,0413	ns	0,0858	0,014	0,0257	ns	ns	0,0318
D2	- 0,0002	ns	- 0,0016	- 0,0005	- 0,0006	ns	ns	- 0,0003
D_1er	- 0,3675	- 0,7256	- 0,1489	- 0,2313	ns	ns	- 0,2887	- 0,0429
E	0,0161	0,0044	- 0,0204	0,0254	ns	ns	0,0238	0,0258
E2	ns	0,0003	0,0005	- 0,0003	ns	ns	- 0,0005	- 0,0003
age	0,034	0,091	ns	ns	ns	0,1116	0,0339	- 0,0123
age2	- 0,001	- 0,0012	ns	ns	ns	- 0,0016	- 0,0005	- 0,0001
Interruption N-1	- 0,287	- 0,106	- 0,175	- 0,257	- 0,239	- 0,597	- 0,0971	- 0,156
Interruption der5ans	- 0,228	- 0,192	ns	- 0,222	- 0,159	ns	- 0,095	0,015
Princ_cn1				- 1,441	- 1,192	- 1,628	- 0,517	- 0,636
Princ_cn2				- 1,337	- 1,44	- 1,452	ns	- 0,888
Princ_cn3				ns	- 0,921	- 0,8	- 0,56	- 0,242
Princ_msa	- 2,105	- 2,406	- 1,731		- 1,146	ns	- 0,709	- 0,229
Princ_rsi	- 2,352	- 1,981	- 1,707	- 1,936		- 0,932	- 0,477	- 0,456
Princ_pub	- 2,456	- 2,703	- 3,174	- 1,64	- 1,517	- 1,023	- 0,247	
Princ_exp	- 2,02	- 1,749	- 1,07	- 1,633	- 1,317	ns		- 0,411
Princ_aut	- 2,006	- 1,023	- 1,872	- 1,614	- 1,115		- 0,265	0,203
Sec_chom	- 0,727	- 1,054	- 0,507	- 0,649	- 0,602	- 0,68	- 0,47	- 0,392
Sec_mal	- 0,41	- 0,386	- 0,373	- 0,388	- 0,775	ns	- 0,19	- 0,141
Sec_avpf	- 0,47	- 0,361	- 0,213	0,149	0,301	ns	- 0,283	- 0,081
Sec_cn1				- 0,208	- 0,161	ns	ns	- 0,075
Sec_cn2				ns	- 0,118	ns	ns	- 0,176
Sec_cn3				ns	ns	0,586	ns	- 0,128
Sec_msa	- 0,319	- 0,324	- 0,173		- 0,212	ns	- 0,104	ns
Sec_rsi	- 0,395	- 0,337	- 0,35	- 0,217		ns	ns	- 0,254
Sec_pub	- 0,302	- 0,286	- 0,126	- 0,498	ns	- 0,437	ns	
Sec_exp	- 0,276	- 0,237	ns	- 0,145	ns	ns		- 0,211
Sec_aut	- 0,267	- 0,182	- 0,085	- 0,317	ns		ns	ns
cons	- 1,314	- 1,554	- 1,381	- 1,171	- 0,816	- 1,261	- 1,703	- 0,314

Lecture : pour la signification des variables explicatives, on se reportera au texte.

Champ : individus des générations nées en 1942, 1946, 1950, 1954, 1958, 1962, 1966 et 1970.

Source : EIC 2009, modèle Trajectoire de la Drees.

élevé, sur la période 1976-2009, selon l'EIC 2009. Le coefficient positif de l'AVPF est donc probablement le reflet de caractéristiques inobservées des femmes qui bénéficient de l'AVPF plutôt que l'impact de l'arrêt de travail induit par cette allocation. C'est un point sur lequel les équations de salaire du modèle Trajectoire pourront être améliorées.

Lorsqu'on s'intéresse à l'évolution des rémunérations annuelles moyennes par âge, nous n'observons pas de rupture à un âge donné qui indiquerait une variation incontrôlée du salaire moyen et donc une mauvaise estimation de celui-ci (cf. figure IV).

Simulation des départs à la retraite et calcul de la pension

Une simulation des départs à la retraite qui reprend celle du modèle Promess

Le module de comportement de départ à la retraite est issu du modèle Promess (Aubert *et al.*, 2010). Conditionnellement à un ensemble de variables individuelles observées à 54 ans composant une catégorie d'individus (sexe, pays de naissance, génération, durée

Tableau 6
Équations de salaires pour les hommes ayant un début de carrière supérieur à la médiane

	CNAV Non cadres	CNAV Cadres	CNAV Non titulaires	MSA Salariés	RSI	Professions libérales	MSA Non Salariés	Secteur public
D	0,0527	ns	0,1367	0,051	0,021	ns	ns	0,051
D2	- 0,0007	ns	- 0,0015	- 0,0006	ns	ns	ns	- 0,0004
D_1er	- 0,4918	- 0,7132	- 0,4684	- 0,2856	- 0,2025	- 0,167	- 0,1073	- 0,1469
E	0,009	0,0084	ns	0,0246	ns	0,0363	0,0205	0,0115
E2	0,0001	0,0005	ns	- 0,0002	ns	- 0,0008	- 0,0004	- 0,0002
age	0,015	0,1105	- 0,0233	- 0,0347	0,0307	0,0887	0,0313	- 0,0155
age2	- 0,0006	- 0,0014	- 0,0004	ns	- 0,0007	- 0,0013	- 0,0005	- 0,0001
Interruption N-1	- 0,318	- 0,171	- 0,201	- 0,314	- 0,316	- 0,592	- 0,1068	- 0,186
Interruption der5ans	- 0,215	- 0,13	- 0,043	- 0,09	- 0,112	ns	- 0,08	0,022
Princ_cn1				- 1,436	- 1,224	- 1,01	- 0,356	- 0,527
Princ_cn2				- 1,437	- 1,422	- 1,336	- 0,413	- 0,967
Princ_cn3				- 1,357	- 1,126	- 1,474	- 0,224	- 0,243
Princ_msa	- 2,121	- 2,598	- 2,649		- 1,073	- 1,136	- 0,591	- 0,426
Princ_rsi	- 2,332	- 2,017	- 3,086	- 1,131		- 0,727	- 0,226	- 0,371
Princ_pub	- 2,294	- 2,518	- 2,412	- 2	- 1,132	- 1,39	- 0,334	
Princ_exp	- 1,852	- 1,201	- 1,744	- 1,588	- 1,634	ns		- 0,304
Princ_aut	- 1,834	- 1,152	- 1,404	- 1,348	- 1,165		ns	ns
Sec_chom	- 0,679	- 1,028	- 0,541	- 0,6	- 0,668	- 0,275	- 0,245	- 0,453
Sec_mal	- 0,387	- 0,32	- 0,272	- 0,429	- 0,633	- 0,599	- 0,12	- 0,139
Sec_avpf	- 0,403	- 0,426	ns	0,211	0,351	- 0,417	- 0,242	- 0,069
Sec_cn1				- 0,214	- 0,095	- 0,077	ns	- 0,087
Sec_cn2				- 0,142	ns	ns	0,397	ns
Sec_cn3				ns	ns	ns	ns	- 0,056
Sec_msa	- 0,294	- 0,42	- 0,12		- 0,267	ns	ns	- 0,042
Sec_rsi	- 0,376	- 0,269	- 0,416	- 0,189		ns	ns	- 0,232
Sec_pub	- 0,207	- 0,402	- 0,217	- 0,229	ns	ns	ns	
Sec_exp	- 0,149	ns	- 0,377	- 0,177	ns	ns		ns
Sec_aut	- 0,147	- 0,388	- 0,161	- 0,495	ns		ns	0,112
cons	- 1,072	- 1,847	- 0,643	- 0,454	- 1,258	- 0,964	- 1,67	- 0,14

Lecture : pour la signification des variables explicatives, on se reportera au texte.

Champ : individus des générations nées en 1942, 1946, 1950, 1954, 1958, 1962, 1966 et 1970.

Source : EIC 2009, modèle Trajectoire de la Drees.

d'assurance tous régimes validée à 54 ans, quartile de salaire entre 50 et 54 ans et dernier régime principal d'affiliation à 54 ans), il simule la distribution complète des âges trimestriels de cessation d'emploi, de cessation de validation et de liquidation. Les comportements de départs à la retraite sont issus des estimations des âges de liquidation observés dans l'*Échantillon interrégimes de retraités (EIR 2008)* pour les générations 1938 et 1942. Pour l'estimation des probabilités de départ anticipé pour carrière longue, la génération 1946 est utilisée. Une des variables principales de ces équations logistiques est la distance au taux plein (en termes de durée d'assurance et d'âge).

À chaque individu il est possible d'associer la catégorie agrégée correspondante du modèle Promess, et donc la fonction de distribution pour les âges de sortie d'activité. La simulation d'un âge de cessation d'emploi, de cessation de validation et de liquidation peut alors être facilement réalisée, par tirage d'un aléa propre à l'individu, à partir des distributions modélisées.

Tant que l'individu n'atteint pas son âge de fin d'emploi simulé, il valide des trimestres au titre de l'emploi au sein de la caisse où il cotise à 54 ans. Le nombre de trimestres validés dépend du salaire estimé par les équations de salaire. La cessation de validation peut intervenir en

Tableau 7
Équations de salaires pour les femmes ayant un début de carrière inférieur à la médiane

	CNAV Non cadres	CNAV Cadres	CNAV Non titulaires	MSA Salariés	RSI	Professions libérales	MSA Non Salariés	Secteur public
D	0,062	ns	0,066	0,0973	0,0389	ns	ns	0,028
D2	- 0,0012	ns	- 0,0008	- 0,0014	- 0,0006	ns	0,0008	- 0,0001
D_1er	- 0,3239	- 0,9003	- 0,2106	- 0,2736	ns	- 0,2379	ns	- 0,0995
E	0,015	ns	- 0,0156	ns	ns	0,0439	ns	- 0,0148
E2	- 0,0001	ns	ns	ns	ns	0,0009	ns	0,0001
age	- 0,0748	0,0362	- 0,0592	- 0,1346	- 0,0253	0,0384	0,0297	ns
age2	0,0007	- 0,0004	0,0008	0,0014	ns	- 0,0014	- 0,0007	ns
Interruption N-1	- 0,384	- 0,049	- 0,265	- 0,324	- 0,339	- 0,653	ns	- 0,162
Interruption der5ans	- 0,351	- 0,187	- 0,158	- 0,269	ns	- 0,068	- 0,058	- 0,039
Princ_cn1				- 1,222	- 1,074	- 0,427	- 0,263	- 0,762
Princ_cn2				- 1,64	- 0,894	- 0,847	- 0,91	- 0,676
Princ_cn3				- 1,226	- 1,026	- 1,176	- 0,388	- 0,208
Princ_msa	- 1,968	- 2,038	- 2,003		- 1,153	- 0,631	- 0,194	- 0,473
Princ_rsi	- 2,035	- 2,005	- 1,834	- 1,506		- 1,065	ns	- 0,537
Princ_pub	- 2,329	- 3,126	- 2,44	- 2,499	- 0,757	- 3,185	- 0,578	
Princ_exp	- 1,399	ns	- 1,904	- 1,22	- 0,648	ns		ns
Princ_aut	- 1,657	- 1,086	- 1,147	- 1,127	- 1,094		- 0,575	ns
Sec_chom	- 0,673	- 0,972	- 0,428	- 0,378	- 0,356	- 0,447	- 0,247	- 0,402
Sec_mal	- 0,362	- 0,288	- 0,281	- 0,318	- 0,512	- 0,325	ns	- 0,2
Sec_avpf	- 0,759	- 0,505	- 0,541	0,29	0,261	- 0,253	ns	ns
Sec_cn1				- 0,128	- 0,112	- 0,09	0,07	- 0,074
Sec_cn2				ns	ns	0,375	ns	ns
Sec_cn3				- 0,947	ns	ns	ns	- 0,051
Sec_msa	- 0,342	- 0,401	- 0,199		ns	ns	ns	ns
Sec_rsi	- 0,234	- 0,32	ns	ns		ns	0,726	- 0,495
Sec_pub	- 0,095	- 0,414	- 0,23	ns	ns	ns	ns	
Sec_exp	ns	ns	0,233	- 0,36	ns	- 0,786		ns
Sec_aut	- 0,118	- 0,406	- 0,058	ns	- 0,555		ns	0,096
cons	0,414	- 0,479	- 0,338	1,202	- 0,279	ns	- 1,538	- 0,284

Lecture : pour la signification des variables explicatives, on se reportera au texte.

Champ : individus des générations nées en 1942, 1946, 1950, 1954, 1958, 1962, 1966 et 1970.

Source : EIC 2009, modèle Trajectoire de la Drees.

même temps ou après la cessation d'emploi. La liquidation d'un droit à retraite ne peut être antérieure à la fin de validation de droits.

Deux compléments notables ont par ailleurs été apportés au modèle Promess, créé en 2010.

Le premier concerne les personnes affiliées à la fois à un régime du public et à un régime du privé au cours de leur carrière (retraités polypensionnés). La date de liquidation modélisée par Promess est dans ce cas la date de première liquidation d'un droit. Elle est déterminée par le régime d'affiliation à l'âge de 54 ans. Pour une personne terminant sa carrière dans le public, la

date de liquidation modélisée est donc celle du régime public, et le comportement de liquidation est cohérent avec la législation de ce régime. Cette hypothèse peut cependant être gênante lorsque l'on s'intéresse aux liquidations régime par régime, puisque les polypensionnés public / privé ne liquident pas forcément leurs droits à la même date. Pour ces derniers, le modèle Promess a donc été complété afin de modéliser également la date de liquidation de la pension dans les régimes du privé, celle-ci pouvant être plus tardive que dans les régimes du public.

Le second complément concerne les bénéficiaires du minimum contributif. L'âge de

Tableau 8
Équations de salaires pour les femmes ayant un début de carrière supérieur à la médiane

	CNAV Non cadres	CNAV Cadres	CNAV Non titulaires	MSA Salariés	RSI	Professions libérales	MSA Non Salariés	Secteur public
D	0,0543	0,075	0,0786	0,026	ns	ns	- 0,0135	0,038
D2	- 0,0011	- 0,0002	- 0,0012	- 0,0006	ns	ns	0,0004	ns
D_1er	- 0,4511	- 0,7693	- 0,4594	- 0,3332	- 0,1787	- 0,3148	ns	- 0,1743
E	0,0147	- 0,0082	0,0114	0,0173	0,0195	0,0323	ns	- 0,0096
E2	ns	0,0002	ns	- 0,0004	- 0,0008	- 0,0011	ns	0,0001
age	- 0,0535	- 0,0402	- 0,0559	- 0,0525	- 0,0116	- 0,038	ns	- 0,0079
age2	0,0004	- 0,0002	0,0005	0,0007	ns	0,0003	ns	- 0,0001
Interruption N-1	- 0,363	- 0,145	- 0,244	- 0,323	- 0,343	- 0,393	ns	- 0,203
Interruption der5ans	- 0,311	- 0,136	- 0,116	- 0,175	ns	ns	- 0,088	- 0,017
Princ_cn1				- 1,146	- 1,106	- 0,778	- 0,2	- 0,584
Princ_cn2				- 1,274	- 1,324	- 1,561	- 0,328	- 0,618
Princ_cn3				- 1,237	- 0,579	- 1,206	- 0,362	- 0,177
Princ_msa	- 1,932	- 2,377	- 1,742		- 1,099	- 1,618	- 0,62	- 1,123
Princ_rsi	- 1,982	- 2,237	- 2,216	- 0,611		ns	ns	- 0,654
Princ_pub	- 2,346	- 2,035	- 2,772	- 0,862	- 0,787	- 1,971	- 0,504	
Princ_exp	- 1,475	- 1,643	- 0,979	- 1,101	- 1,077	- 2,306		- 0,545
Princ_aut	- 1,638	- 1,514	- 1,379	- 1,386	ns		- 0,257	0,211
Sec_chom	- 0,63	- 1,004	- 0,394	- 0,333	- 0,441	- 0,657	ns	- 0,413
Sec_mal	- 0,348	- 0,259	- 0,286	- 0,288	- 0,509	- 0,277	ns	- 0,222
Sec_avpf	- 0,705	- 0,555	- 0,543	0,295	0,295	- 0,238	0,098	- 0,038
Sec_cn1				- 0,118	- 0,119	- 0,13	ns	- 0,105
Sec_cn2				ns	ns	ns	ns	- 0,121
Sec_cn3				ns	ns	ns	- 0,274	- 0,059
Sec_msa	- 0,285	- 0,338	- 0,083		ns	ns	0,189	- 0,119
Sec_rsi	- 0,222	- 0,109	ns	ns		ns	ns	ns
Sec_pub	- 0,131	- 0,385	- 0,205	ns	ns	ns	ns	
Sec_exp	ns	ns	0,265	- 0,169	ns	ns		ns
Sec_aut	- 0,066	- 0,407	- 0,201	- 0,426	0,744		ns	0,22
cons	0,146	1,163	ns	ns	- 0,483	1,328	- 1,171	0,09

Lecture : pour la signification des variables explicatives, on se reportera au texte.

Champ : individus des générations nées en 1942, 1946, 1950, 1954, 1958, 1962, 1966 et 1970.

Source : EIC 2009, modèle Trajectoire de la Drees.

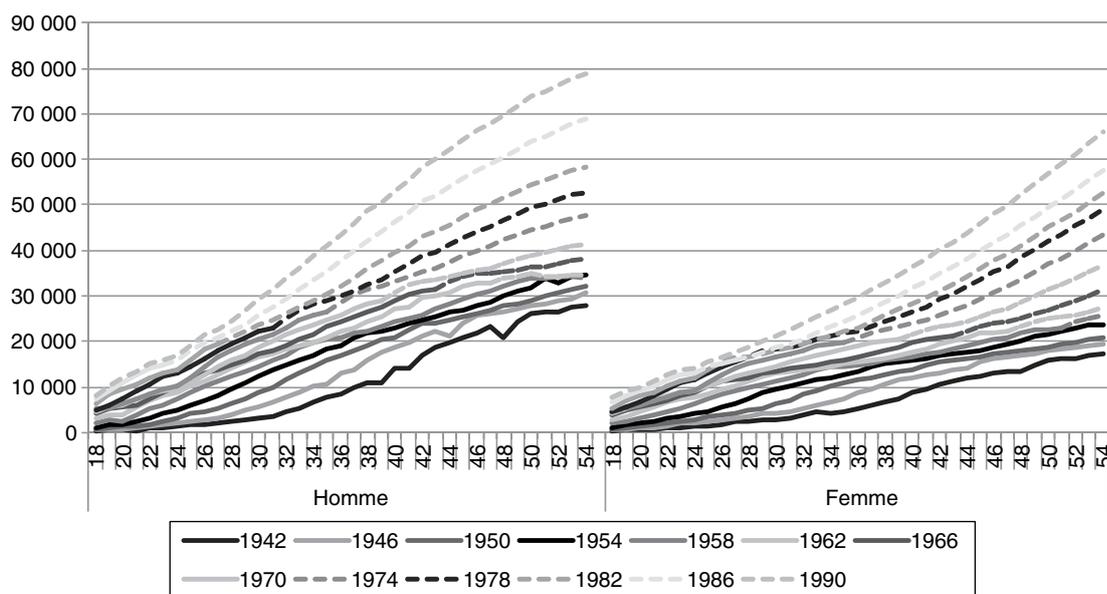
liquidation dans Promess est déterminé par les variables observées à 54 ans. Le principal déterminant est le fait de pouvoir partir au taux plein, lui-même découlant de la durée d'assurance validée. Une certaine proportion des affiliés part cependant avant d'avoir les conditions requises pour le taux plein, et est alors pénalisée par une décote. En pratique, cette proportion devrait vraisemblablement varier selon que les individus peuvent ou non être éligibles au minimum contributif. Cette information sur l'éligibilité au minimum contributif n'est cependant pas prise en compte dans Promess dans la mesure où, à 54 ans, cette information n'est pas encore disponible. Cela implique une proportion trop forte de décotants parmi les personnes potentiellement éligibles au minimum contributif. La correction suivante a donc été apportée : lorsqu'une personne est potentiellement éligible au minimum (c'est-à-dire si son SAM calculé pour chacun des régimes général et alignés selon la législation appliquée est inférieur à deux fois le seuil de ce minimum) et qu'elle ne valide pas la durée requise, elle a 20 % de chance de partir pour invalidité et 30 % de chance de décaler son départ à la retraite à l'âge du taux plein, sinon la date de liquidation est celle simulée par Promess (hypothèse calibrée sur des données de l'EIR 2008).

Nous avons comparé les effectifs selon l'âge de départ à la retraite pour les générations 1942 et 1946, dernières générations intégralement parties à la retraite disponibles respectivement dans l'EIR 2008 et l'EIR 2012 (cf. figure V). Les départs avant l'âge légal (60 ans pour la génération 1946) sont assez bien estimés même si nous sous-estimons les départs avant 55 ans et surestimons ceux entre 56 et 59 ans. Les départs à l'âge d'ouverture des droits et avant l'âge d'annulation de la décote sont sous-estimés et ceux à l'âge d'annulation de la décote surestimés. Ceci est notamment dû au fait que nous n'avons pas encore intégré à notre modèle les trimestres connus uniquement à la liquidation (durée validée à l'étranger, trimestres pour période de chômage non indemnisé...). Ceci aura pour effet d'augmenter le nombre de trimestres validés et de diminuer l'âge de liquidation. De plus, par hypothèse, tous les individus liquident tous leurs droits dans Trajectoire, ce qui n'est pas le cas dans la réalité. Ceci explique en partie les écarts d'effectifs à 65 ans.

Un calcul des droits basé sur le modèle Caliper

La dernière étape du modèle consiste à calculer les pensions de droit direct dans chacun

Figure IV
Évolution des rémunérations moyennes par âge, sexe et générations, en euros courants



Lecture : la partie pointillée de la courbe correspond à la partie simulée. À 50 ans, les hommes de la génération 1959 percevaient un salaire brut annuel moyen de 28 958 euros et les femmes de 18 871 euros.
Champ : individus en emploi des générations nées en 1942, 1946, 1950, 1954, 1958, 1962, 1966, 1970, 1974, 1978, 1982, 1986 et 1990.
Source : EIC 2009, modèle Trajectoire de la Drees.

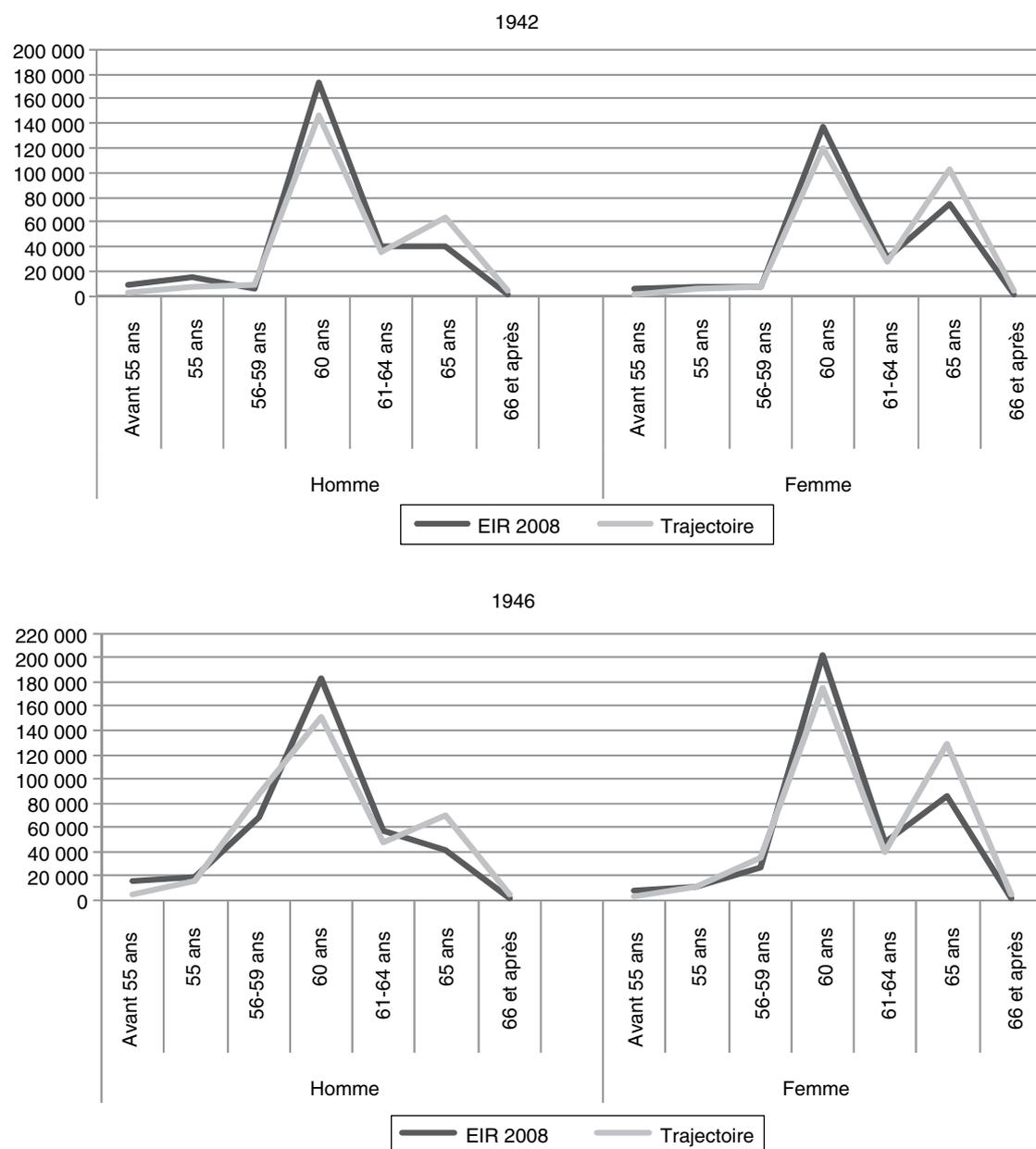
des régimes selon la législation souhaitée. Cette étape est effectuée grâce à l'outil Caliper (Lermechin *et al.*, 2012).

Cet outil convertit des carrières réelles (issues de données administratives) ou fictives (simulées ou déterminées par la construction de cas-types) en éléments de pension. Il permet ainsi de simuler les droits à pension des individus d'ores et déjà retraités mais également

l'impact de réformes puisque l'on peut aisément modifier les paramètres législatifs définissant le calcul de la pension.

Plusieurs régimes ont été rajoutés dans ce module de calcul des droits lors de son adaptation à Trajectoire : le régime de base de la MSA Exploitants et les régimes complémentaires du RSI. Cela permet de prendre en compte en partie les dispositions relatives au minimum

Figure V
Comparaison des effectifs de retraités par âge de liquidation, générations 1942 et 1946



Lecture : 173 000 hommes de la génération 1942 sont partis à la retraite à 60 ans selon l'EIR 2008. Le modèle Trajectoire estime ces départs à 146 000.

Champ : retraités des générations nées en 1942 et 1946.

Source : EIR 2008, EIR 2012, modèle Trajectoire, Drees.

contributif en vigueur depuis le 1^{er} janvier 2012 : le minimum contributif est en effet écarté si la pension tous régimes, y compris complémentaires, dépasse un certain seuil fixé par décret.

Illustration : l'impact de la réforme des retraites du 20 janvier 2014

La réforme des retraites du 20 janvier 2014

À titre illustratif, nous proposons dans cette partie d'étudier l'impact de la loi du 20 janvier 2014 garantissant l'avenir et la justice du système de retraites. Cette réforme concerne l'ensemble des régimes de retraite, elle augmente la durée requise pour l'obtention du taux plein progressivement jusqu'à 43 ans à partir de la génération 1972 (1976 pour la catégorie active de la Fonction publique). Elle modifie le salaire de référence permettant de valider un trimestre dans les régimes en annuité : il fallait initialement percevoir un salaire équivalent à 200 heures au Smic pour valider un trimestre, ce seuil a été abaissé à 150 heures. Elle fixe la date de revalorisation des pensions au 1^{er} octobre de chaque année, au lieu du 1^{er} avril. Elle élargit les trimestres pris en compte pour les départs anticipés pour carrière longue en ajoutant deux trimestres au titre de l'invalidité, deux trimestres au titre du chômage indemnisé (portant ainsi à quatre le nombre maximal de trimestres au titre du chômage indemnisé) et tous les trimestres au titre de la maternité. Tous ces éléments sont pris en compte dans notre estimation¹⁷.

On s'attend à ce que la baisse du salaire nécessaire à la validation d'un trimestre, indépendamment des autres mesures, augmente le nombre de trimestres validés pour les femmes et les premiers déciles car c'est cette population qui travaille le plus souvent à temps partiel ou sur des durées courtes.

L'allongement de la durée requise a des effets plus difficiles à déterminer sur le niveau de pension puisque, pour ceux susceptibles de prolonger leur emploi, cela peut augmenter le nombre de trimestres validés/cotisés et augmenter le salaire annuel moyen qui est basé sur les 25 meilleures années, les dernières années étant généralement celles avec les meilleurs salaires. En revanche, pour ceux liquidant déjà à l'âge d'annulation de la décote ou ayant cessé tout

emploi longtemps avant la liquidation de leurs droits, l'effet sera négatif sur la pension via le coefficient de proratisation (rapport entre la durée validée et la durée requise, borné à 1).

La revalorisation des pensions au 1^{er} octobre au lieu du 1^{er} avril n'a pas d'impact sur une analyse des pensions au 31 décembre de l'année N.

Enfin, la prise en compte de nouveaux trimestres pour les départs anticipés est a priori positif dans le sens où davantage d'individus peuvent être éligibles. Cependant, au fil des générations, les personnes éligibles sont de plus en plus rares puisque l'allongement des études et la plus difficile insertion sur le marché du travail (indépendamment du niveau d'études) couplés à l'allongement de la durée requise pour le taux plein rendent ce dispositif de moins en moins accessible.

Un recul de l'âge de départ à la retraite de 4,5 mois pour les hommes et de 2,5 mois pour les femmes

Le scénario de référence est celui de la législation avant la réforme de 2014 couplé aux hypothèses macroéconomiques du scénario B du COR dans les projections financières de 2014. L'analyse est effectuée sur les générations 1957 à 1986.

Trajectoire permet de calculer l'impact d'une réforme séparément pour les affiliés de chacun des régimes, mais également en tous régimes. Le premier résultat important de cette analyse est l'évolution au fil des générations des durées validées et âges de liquidation dans le scénario de référence.

Le recul de l'âge de fin d'étude et la plus difficile insertion sur le marché du travail entraînent une diminution du nombre de trimestres validés tous régimes. Ceci est observé avant 30 ans avec les données de l'*EIC* 2009 (Salembier, 2013 et 2015). En effet, avant cet âge, les hommes de la génération 1958 avaient validé 40 trimestres contre 31 pour ceux de la génération 1978. Pour

17. La réforme de 2014 a également instauré un compte pénibilité pour les emplois à facteurs de risque professionnel. Chaque exposition à un facteur de risque permet d'accumuler des points sur un compte individuel. Ces points peuvent permettre, parmi d'autres possibilités, un départ anticipé à la retraite de 2 ans maximum. Ce dispositif étant entré partiellement en vigueur le 1^{er} janvier 2015, il est encore trop tôt pour connaître de quelle manière les assurés l'emploieront, s'agissant notamment de l'anticipation de leur départ en retraite ; cette mesure est donc pour le moment exclue de notre simulation.

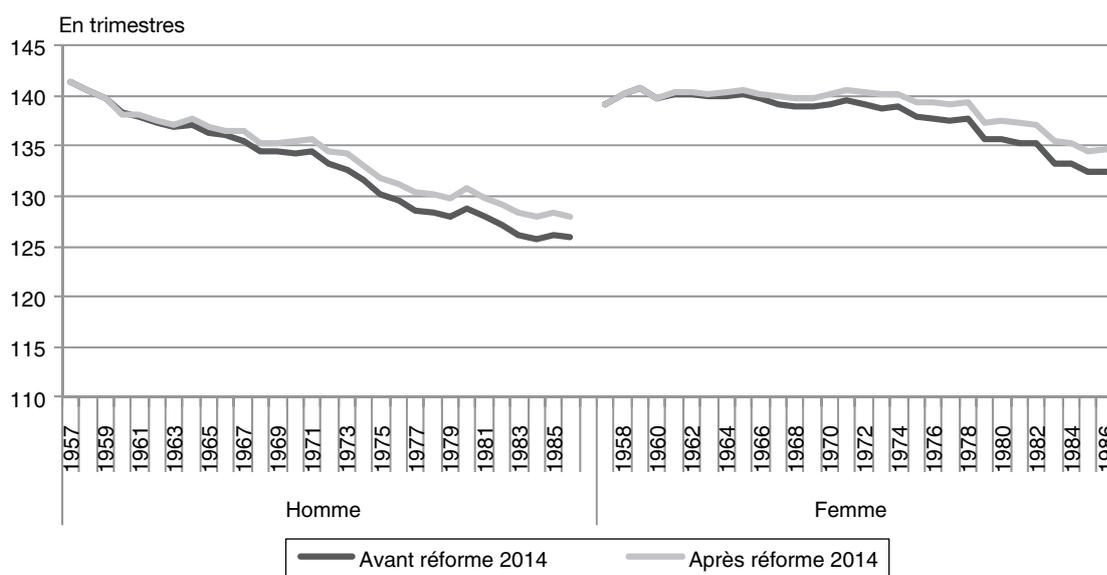
les femmes, ces durées sont de 37 trimestres pour la génération 1958 contre 31 trimestres pour la génération 1978. Le nombre de trimestres validés en début de carrière étant corrélé avec le nombre de trimestres validés sur toute la carrière pour les générations plus anciennes, les carrières des générations récentes, simulées par Trajectoire, comportent moins de trimestres validés à 54 ans que les carrières des générations plus anciennes.

Cet écart de 10 trimestres pour les hommes semble perdurer jusqu'à la liquidation des droits (cf. figure VI). Pour les femmes, les six trimestres d'écart sont compensés, notamment, grâce aux trimestres accordés au titre de l'éducation des enfants (huit trimestres par enfant accordés aux mères dans le secteur privé, Trajectoire ne scindant pas les trimestres de majoration de durée d'assurance entre les hommes et les femmes) mais également à leur plus forte participation au marché du travail qui perdure après 30 ans. Au fil des générations, les femmes ont une durée validée stable et supérieure à celle des hommes.

Cette diminution de trimestres validés a un double effet cumulatif sur les âges de liquidation des hommes. D'une part, au-delà de l'âge minimal d'ouverture des droits, les individus ayant moins de trimestres reculent leur âge de liquidation de façon à obtenir ou se rapprocher

du taux plein (hypothèse de comportements de départ du modèle). On observe ainsi une diminution du nombre d'individus liquidant leurs droits à l'âge minimal de 62 ans. En effet, si la liquidation à l'âge minimal concerne 36 % des hommes de la génération 1961, elle ne concerne plus que 20 % des hommes pour les générations 1978 et suivantes (cf. figure VII). D'autre part, seul un très petit nombre de personnes peuvent bénéficier du dispositif de départ anticipé pour carrière longue, soit que la durée validée ne soit pas suffisante avant l'âge minimal d'ouverture des droits, soit que les conditions ne soient plus remplies (l'individu concerné ayant par exemple bien les 167 trimestres validés, mais seulement 162 rentrant dans les trimestres pris en compte, les trimestres inclus au titre du chômage étant bornés à quatre suite à la réforme de 2014). Si 26 % des hommes de la génération 1958 partaient avant l'âge minimal (carrières longues, catégorie active de la fonction publique), ils sont moins de 10 % à partir de la génération 1970 et moins de 5 % à partir de la génération 1977. L'effet sur l'âge moyen de départ à la retraite est donc double, et d'autant plus fort pour les hommes qu'ils sont les principaux bénéficiaires du dispositif de départ anticipé pour carrière longue (cf. figure VIII) : l'âge moyen de première liquidation passe de 62,7 ans pour la génération 1957 à 64,5 ans pour la génération 1986 pour les hommes et de 63,4 ans à 63,9 ans pour les femmes.

Figure VI
Impact sur la durée validée tous régimes moyenne, selon le sexe et la génération



Lecture : les hommes de la génération 1986 ont une durée d'assurance tous régimes moyenne de 126 trimestres dans le scénario « avant réforme 2014 ».

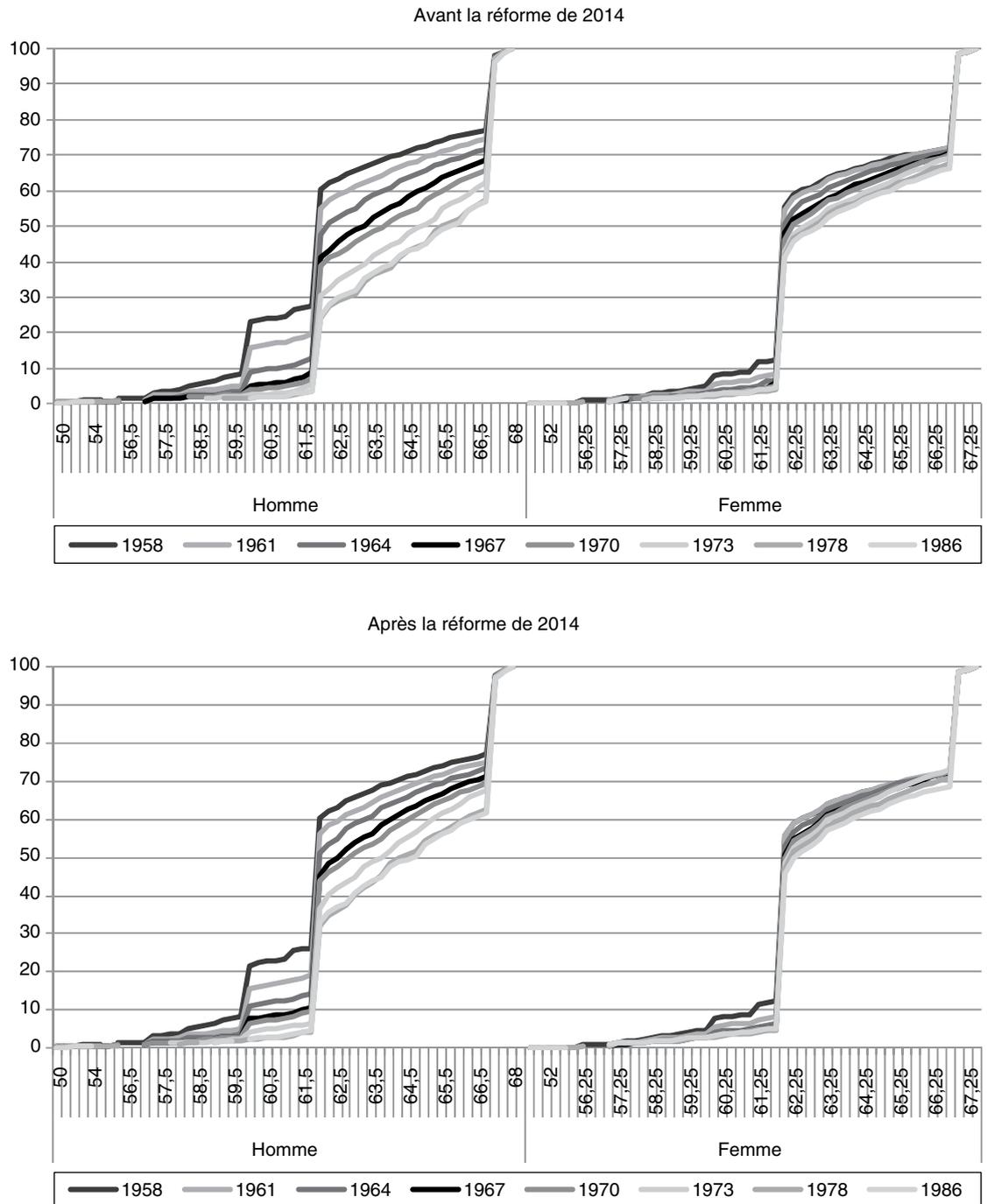
Champ : générations 1957 à 1986, hors versement forfaitaire unique.

Source : modèle Trajectoire, Drees.

La comparaison des deux scénarios montre que l'allongement progressif au fil des générations de la durée requise pour le taux plein, que les assurés cherchent à compenser en validant davantage de trimestres, a un impact croissant avec les générations sur la

durée moyenne validée tous régimes dans la mesure où les assurés vont chercher à valider davantage de trimestres selon le modèle de comportement utilisé dans Trajectoire. Cet impact reste toutefois assez limité : malgré cinq trimestres supplémentaires requis,

Figure VII
Distribution des âges de première liquidation d'un droit à la retraite, selon le sexe et la génération



Lecture : 34 % des hommes de la génération 1986 liquident un premier droit à pension à 62 ans ou avant dans le scénario « avant réforme 2014 ».

Champ : générations 1958, 1961, 1964, 1967, 1970, 1973, 1978 et 1986, hors versement forfaitaire unique.

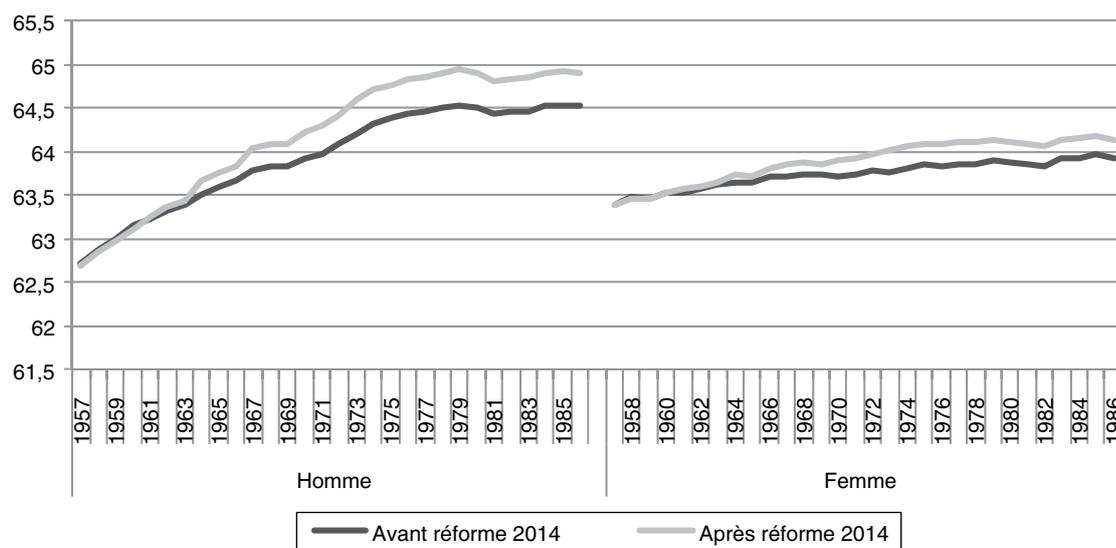
Source : modèle Trajectoire, Drees.

la durée moyenne validée tous régimes des générations 1985 et 1986 augmente de deux trimestres en moyenne pour les hommes et les femmes (cf. figure VI). L'âge de première liquidation d'un droit à retraite augmente de 4,5 mois pour les hommes et de 2,5 mois pour les femmes des générations 1985 et 1986 (cf. figure VIII).

La moitié des futurs retraités aura une pension plus faible suite à la réforme de 2014

La pension tous régimes n'est cependant quasiment pas impactée avec une baisse de 0,07 % pour les hommes et de 0,1 % pour les femmes des générations 1985 et 1986 (cf. figure IX).

Figure VIII
Impact sur l'âge moyen de première liquidation d'un droit à la retraite, selon le sexe et la génération

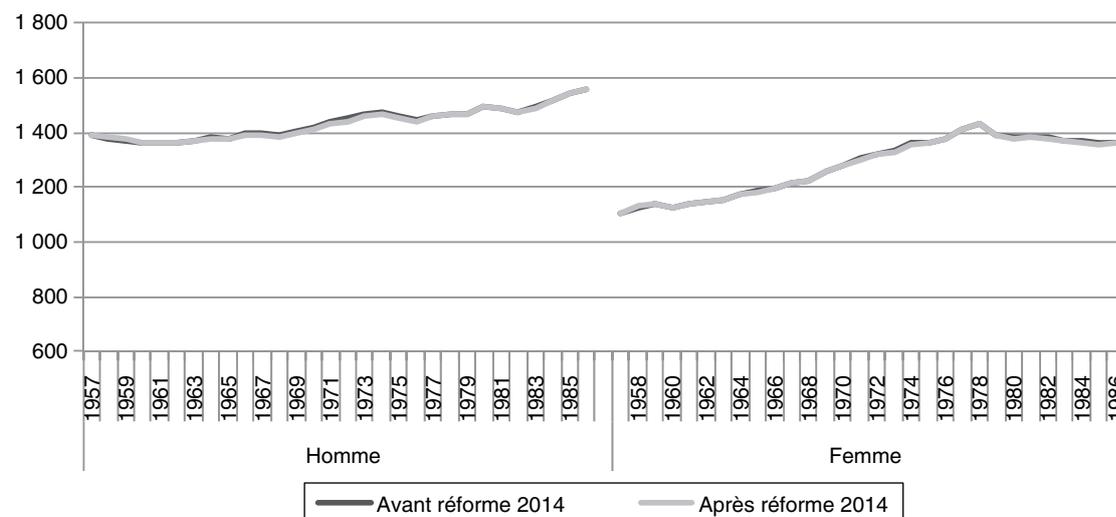


Lecture : les hommes de la génération 1986 ont un âge moyen de liquidation d'un premier droit à la retraite de 64,5 ans dans le scénario « avant réforme 2014 ».

Champ : générations 1957 à 1986, hors versement forfaitaire unique.

Source : modèle Trajectoire, Drees.

Figure IX
Impact sur la pension moyenne tous régimes, selon le sexe et la génération, en euros 2010



Lecture : les hommes de la génération 1986 ont une pension moyenne tous régimes de 1 560 euros (euros de 2010) dans le scénario « avant réforme 2014 ».

Champ : générations 1957 à 1986, hors versement forfaitaire unique.

Sources : modèle Trajectoire, Drees.

L'allongement de la durée requise a un impact négatif sur la pension via le taux de proratisation. Cependant, celui-ci est compensé par les validations de trimestres supplémentaires pour les individus en activité, par le surplus de trimestres dû à la règle de validation d'un trimestre qui passe de 200 heures à 150 heures au Smic et enfin par l'augmentation du SAM pour les individus encore en emploi ainsi que les cotisations supplémentaires dans les régimes complémentaires. Ainsi, pour les hommes de la génération 1980, la pension moyenne à la Cnav baisse de 1,11 % alors que la pension Arcco augmente de 1,37 % et celle de l'Agirc de 0,87 %, la pension tous régimes diminuant de 0,09 %.

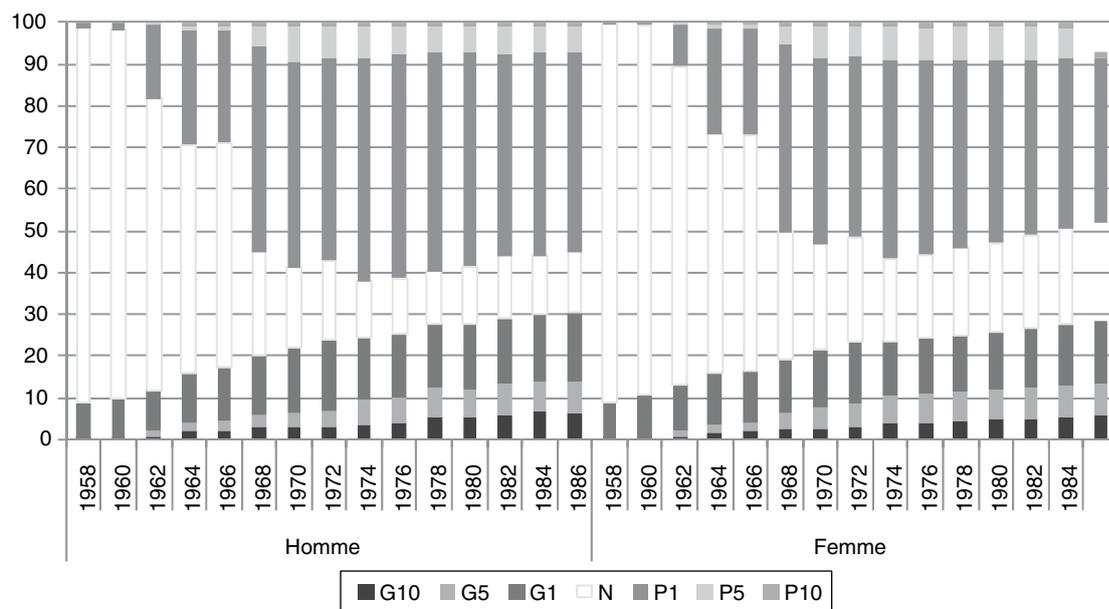
Le modèle permet également de caractériser les personnes qui voient leur pension tous régimes de droit direct modifiée lors de la mise en place d'une réforme. Suite à la réforme des retraites de 2014, une part majoritaire d'individus voit sa pension tous régimes diminuer à partir de la génération 1962 (cf. figure X). Toutefois, la part des individus dont la pension augmente est croissante au fil des générations et atteint près d'un tiers des hommes et des femmes de la génération 1986.

Les individus dont la pension augmente ont souvent en contrepartie une liquidation plus tardive donc une perception de la pension de retraite sur une période plus courte. Mais la pension augmente aussi pour les individus percevant des pensions faibles puisque le passage de 200 heures à 150 heures au Smic afin de valider un trimestre permet un gain de pension relativement très élevé (plus de 10 %) dans la mesure où quelques trimestres supplémentaires peuvent augmenter sensiblement la pension des individus ayant une carrière incomplète via le taux de proratisation.

Les individus avec une perte de pension sont en partie ceux qui liquidaient déjà à l'âge d'annulation de la décote, ils voient donc leur pension amputée via le taux de proratisation dans la mesure où la durée requise est allongée. Pour ceux liquidant avant l'âge d'annulation de la décote, le recul de l'âge de liquidation et une acquisition de trimestres supplémentaires ne compensent que partiellement l'allongement de la durée, la pension diminue également via le taux de proratisation.

L'analyse plus détaillée par sexe et décile montre que la réforme de 2014 entraîne une baisse de pension pour une part plus importante

Figure X
Répartition selon la variation de pension suite à la réforme de 2014, selon la génération



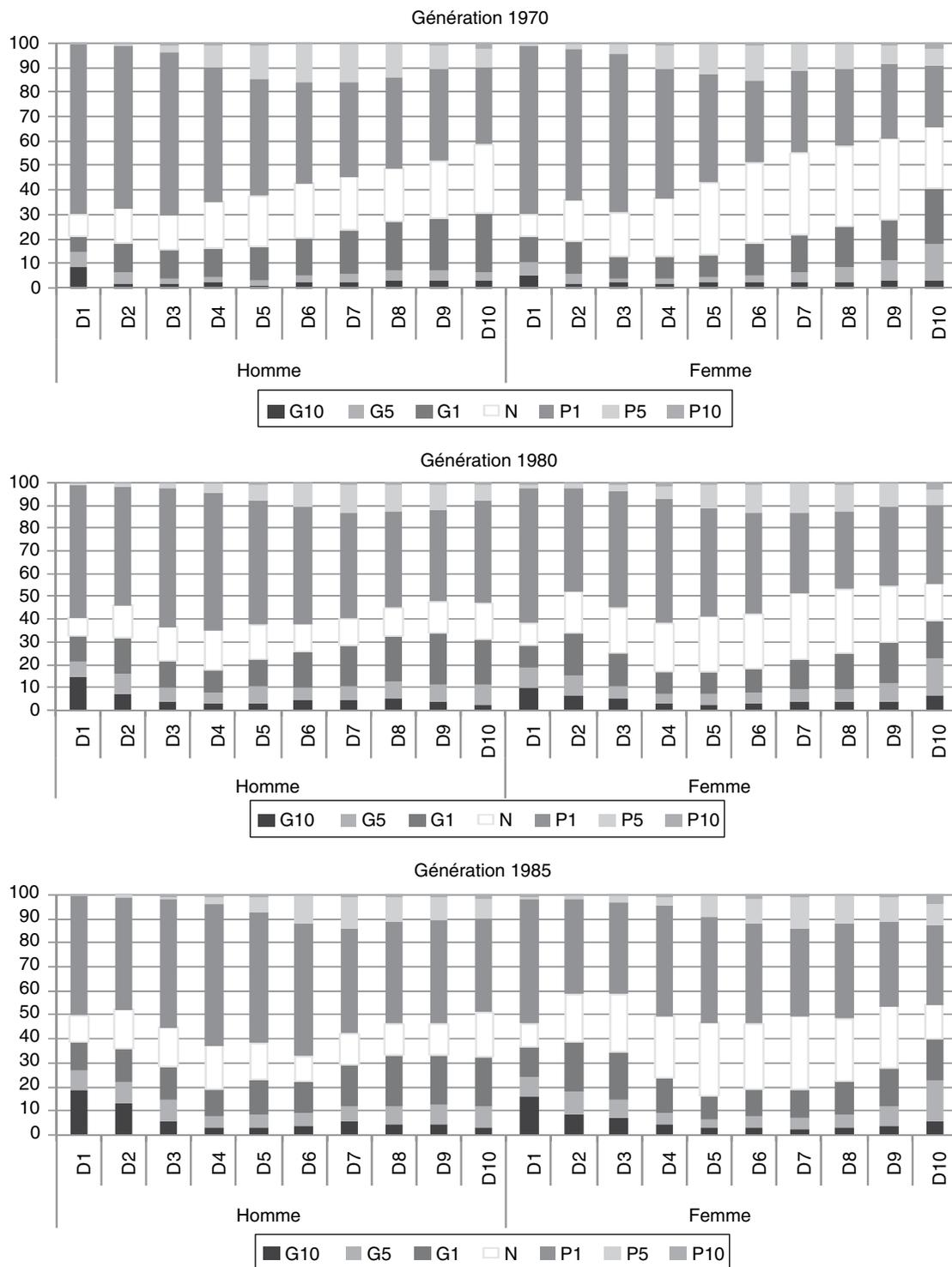
Lecture : G10 = gagnants de plus de 10 % ; G5 = gagnants entre 5 et 10 % ; G1 = gagnants entre 1 et 5 % ; N = neutres ; P1 = perdants entre 1 et 5 % ; P5 = perdants entre 5 et 10 % ; P10 = perdants de plus de 10 %. 17,2 % des hommes de la génération 1986 voient leur pension tous régimes diminuer entre 1 et 5 % suite à la réforme des retraites de 2014 ; 47,7 % voient leur pension augmenter entre 1 et 5 %.

Champ : générations 1958 à 1986, hors versement forfaitaire unique.
Source : modèle Trajectoire, Drees.

de personnes dans les premiers déciles pour la génération 1970, puis pour les déciles

intermédiaires pour les générations 1980 et 1985 (cf. figure XI).

Figure XI
Répartition selon la variation de pension suite à la réforme de 2014 selon le décile de pension et le sexe



Lecture : G10 = gagnants de plus de 10 % ; G5 = gagnants entre 5 et 10 % ; G1 = gagnants entre 1 et 5 % ; N = neutres ; P1 = perdants entre 1 et 5 % ; P5 = perdants entre 5 et 10 % ; P10 = perdants de plus de 10 %. Les déciles de pension tous régimes sont calculés au sein de chaque sexe. Voir annexe 3 pour leurs valeurs. 13 % du premier décile des hommes de la génération 1985 voient leur pension tous régimes diminuer entre 1 et 5 % suite à la réforme des retraites de 2014 ; 49,5 % voient leur pension augmenter entre 1 et 5 %.

Champ : générations 1970, 1980 et 1985, hors versement forfaitaire unique.

Source : modèle Trajectoire, Drees.

Dans les premiers déciles, on retrouve des individus avec des carrières heurtées, plus facilement en dehors de l'emploi avant la liquidation de leurs droits à la retraite : on constate en effet que 65 % des hommes du 1^{er} décile et 70 % des femmes du 1^{er} décile liquidaient déjà à 67 ans sans la réforme de 2014. L'allongement de la durée induit mécaniquement une perte de pension due à la proratisation. On retrouve également une forte proportion d'individus avec une pension plus élevée d'au moins 10 % ce qui s'explique par le nouveau mode de validation de trimestres de 150 heures au Smic.

Dans le dernier décile, on retrouve majoritairement des cadres. Le recul des études et l'allongement de la durée font que, au fil des générations, ces individus liquident de plus en plus tard. Avant la réforme de 2014, les hommes du dernier décile de la génération 1970 étaient 40 % à liquider entre 62 ans et avant 67 ans et 20 % à 67 ans ou après ; ceux de la génération 1980 étaient respectivement 51 % et 28 %. Après la réforme de 2014, 45 % des hommes du dernier décile de la génération 1970 liquident entre 62 et avant 67 ans et 28 % à 67 ans et plus ; respectivement 48 % et 38 % pour ceux de la génération 1980. On a donc une part non négligeable d'individus dans ce décile qui seraient partis, même sans réforme, à l'âge d'annulation de la décote (même si une part d'entre eux peut se maintenir plus longtemps en emploi¹⁸). Mais c'est aussi dans ce décile que la part des individus avec un gain de pension est élevée dans la mesure où, pour les individus encore en emploi, le fait de reculer leur âge de liquidation permet d'accumuler des droits, notamment dans les régimes complémentaires. Au fil des générations, on constate de moins en moins de différence de l'impact de l'allongement de la durée selon les déciles dans la mesure où la durée requise couplée à l'évolution des carrières professionnelles conduisent mécaniquement les individus à liquider plus tardivement. La dernière réforme des retraites a ainsi un impact moindre sur les âges de liquidation que celles de 1993 et 2003 concernant le paramètre de durée, avec un recul de 10 mois pour le dernier quartile des hommes de la génération 1980 suite à la réforme de 1993 (hausse de 10 trimestres), un recul de près de 14 mois suite à la réforme de 2003 (hausse de sept trimestres), et de huit mois suite à la réforme de 2014 (hausse de cinq trimestres) (Duc, 2015).

Naturellement, ces résultats individuels peuvent ensuite être agrégés pour décrire d'autres aspects de l'impact de la réforme : variations annuelles

des effectifs de retraités par année civile et par régime ainsi que les variations des masses de pensions versées par chacun des régimes...

* *
*

Basé sur l'échantillon interrégimes de cotisants, le modèle de microsimulation Trajectoire prolonge la carrière de chaque individu d'un échantillon représentatif de la population française, puis simule son comportement de départ à la retraite, et estime son montant de pension par régime et en tous régimes.

Le modèle permet de définir finement le cadre législatif dans lequel les comportements de départ à la retraite sont estimés. La comparaison des simulations entre deux scénarios législatifs permet d'en déduire l'impact d'une grande variété de changements de législation : modifications des bornes d'âge (âge d'ouverture des droits, âge du « taux plein », etc.) ou dans le barème de calcul des pensions (durée d'assurance, salaire annuel moyen, décote, surcote, proratisation, valeur des points, etc.). Ces changements peuvent porter indifféremment sur un ou plusieurs régimes de retraite, allant jusqu'à une harmonisation totale des règles entre tous les régimes, comme cela serait le cas dans des comptes notionnels ou des régimes en points.

Au moment de la rédaction de cet article, une réforme des régimes complémentaires Agirc-Arrco était en cours de négociation. Le GIE Agirc-Arrco réfléchissait notamment à instaurer une décote temporaire pour les personnes partant à la retraite avant 67 ou 65 ans. À l'aide du modèle Trajectoire, il est possible d'évaluer ex ante l'effet d'une telle mesure. Nous pouvons par exemple effectuer plusieurs simulations avec des conditions d'âge minimal différentes et déterminer de façon ad hoc quels individus, selon leur statut ou leur niveau de pension ou la part des régimes complémentaires dans la pension totale, attendraient l'âge d'annulation de la décote temporaire ou ceux qui ne modifieraient pas leur date de départ.

Cependant, il est certain qu'une modification structurelle du cadre législatif impliquerait des modifications de comportements de la part des individus. Le module de comportement de départ

18. Ceci est aussi une conséquence du modèle qui fait liquider tout le monde au plus tard 1 an après l'âge d'annulation de la décote.

actuel du modèle Trajectoire ne serait donc plus adapté, il serait nécessaire de développer un modèle basé par exemple sur la recherche d'une cible de taux de remplacement ou encore un modèle de comportement de type Stock et Wise (actuellement en cours d'implémentation).

En dernier lieu, il faut noter que le modèle Trajectoire estime uniquement les pensions de

droits directs, c'est-à-dire ceux liés à la carrière individuelle. Cependant, près de 4,5 millions de personnes reçoivent une pension de droits dérivés. Pour couvrir la totalité du champ des retraités, le modèle Trajectoire doit s'enrichir de la dimension ménage soit en développant un module d'union/mariage au sein de l'échantillon, soit en effectuant un pseudo-appariement avec l'enquête *Patrimoine* de l'Insee. □

BIBLIOGRAPHIE

Aubert P., Duc C. et Ducoudré B. (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., Duc C. et Ducoudré B. (2012), « Projeter l'impact des réformes des retraites sur les sorties d'activité : Une illustration par le modèle Promess », *Revue française des affaires sociales*, n° 4.

Bachelet M., Leduc A. et Marino A. (2014), « Les biographies du modèle Destinie II : rebasage et projection », *Document de travail Insee/Dese*, n° G2014/01.

Blanchet D., Buffeteau S., Crenner E. et Le Minez S. (2011), « Le modèle de microsimulation Destinie 2 : principales caractéristiques et premiers résultats », *Économie et Statistique*, n° 441, pp. 101-121.

Conseil d'orientation des retraites (2012), *Retraites : perspectives 2020, 2040 et 2060*, 11^e rapport du COR, La Documentation Française.

Duc C. (2015), « Un recul de l'âge moyen de départ à la retraite de 2,5 ans suite aux réformes de 1993 à 2014 », *Études et Résultats*, n° 915, Drees.

Duc C., Lequien L., Housset F. et Plouhinec C. (2013), « Le modèle de microsimulation Trajectoire (TRAJECToire de Carrières TOUS REGimes) », *Document de travail*, série *Sources et méthodes*, n° 40, Drees.

Duc C. et Lermeschin H. (2013), « Caliper - Un outil de simulation pour le CALCul Interrégimes des PENSIONS de Retraite », *Dossier Solidarité Santé*, n° 37, Drees.

El-Mekkaoui De Freiats N., Duc C., Briard K., Legendre B. et Mage S. (2011), « Career Interruptions: how do they impact pension rights? », *The Geneva Papers on risk and Insurance – Issues and Practices*, vol. 36.

Lermeschin H., Duc C. et Burricand C. (2011), « Présentation et applications de l'outil Caliper (CALcul Interrégimes des PENSIONS de Retraite) », *Document de travail*, série *Études et recherche*, n° 111, Drees.

Poubelle V, Albert C., Beurnier P., Couhin J. et Grave N. (2006), « Prisme, le modèle de la Cnav », *Retraite et société*, n° 48, pp. 202-215.

Rapoport B. (2009), « En début de carrière, moins d'acquisitions de droits à la retraite pour les jeunes générations », *Dossier Solidarité Santé* n° 10, pp. 24-45.

Salembier L. (2015), « Les droits à la retraite acquis en début de carrière Une analyse à partir de l'Échantillon interrégimes de cotisants 2009 », *Dossiers Solidarité Santé*, n° 60.

Salembier L. (2013), « Les durées d'assurance validées par les actifs pour leur retraite. Une évaluation à partir de l'Échantillon interrégimes de cotisants de 2009 », *Études et Résultats* n° 842, Drees.

LISTE DES 119 ÉTATS POSSIBLES ET LEUR PROPORTION À 31 ANS POUR LA GÉNÉRATION 1974

Tableau A
85 états avec de l'emploi en état principal

État	Proportion (en %)	État	Proportion (en %)
CNAV non cadres	28,02	RSI	1,37
CNAV non cadres - AVPF	3,97	RSI - AVPF	0,05
CNAV non cadres - Chômage	7,97	RSI - Chômage	0,27
CNAV non cadres - Maladie	2,45	RSI - Maladie	0,01
CNAV non cadres - CNAV non titulaires	0,23	RSI - CNAV non cadres	0,23
CNAV non cadres - MSA Salariés	0,34	RSI - CNAV cadres	0,00
CNAV non cadres - RSI	0,24	RSI - CNAV non titulaires	0,00
CNAV non cadres - MSA Exploitants	0,02	RSI - MSA Salariés	0,01
CNAV non cadres - Professions libérales	0,05	RSI - MSA Exploitants	0,00
CNAV non cadres - Public	0,27	RSI - Professions libérales	0,00
CNAV cadres	8,10	RSI - Public	0,01
CNAV cadres - AVPF	0,11	MSA Exploitants	0,59
CNAV cadres - Chômage	1,15	MSA Exploitants - AVPF	0,04
CNAV cadres - Maladie	0,61	MSA Exploitants - Chômage	0,02
CNAV cadres - CNAV non titulaires	0,00	MSA Exploitants - Maladie	0,00
CNAV cadres - MSA Salariés	0,02	MSA Exploitants - CNAV non cadres	0,03
CNAV cadres - RSI	0,07	MSA Exploitants - CNAV cadres	0,00
CNAV cadres - MSA Exploitants	0,01	MSA Exploitants - CNAV non titulaires	0,00
CNAV cadres - Professions libérales	0,04	MSA Exploitants - MSA Salariés	0,04
CNAV cadres - Public	0,05	MSA Exploitants - RSI	0,00
CNAV non titulaires	2,27	MSA Exploitants - Professions libérales	0,00
CNAV non titulaires - AVPF	0,48	MSA Exploitants - Public	0,00
CNAV non titulaires - Chômage	0,78	PUBLIC	8,78
CNAV non titulaires - Maladie	0,18	PUBLIC - AVPF	0,18
CNAV non titulaires - CNAV non cadres	0,53	PUBLIC - Chômage	0,22
CNAV non titulaires - CNAV cadres	0,00	PUBLIC - Maladie	0,03
CNAV non titulaires - MSA Salariés	0,03	PUBLIC - CNAV non cadres	0,52
CNAV non titulaires - RSI	0,00	PUBLIC - CNAV cadres	0,01
CNAV non titulaires - MSA Exploitants	0,00	PUBLIC - CNAV non titulaires	0,02
CNAV non titulaires - Professions libérales	0,03	PUBLIC - MSA Salariés	0,03
CNAV non titulaires - Public	0,31	PUBLIC - RSI	0,00
MSA Salariés	1,48	PUBLIC - MSA Exploitants	0,00
MSA Salariés - AVPF	0,07	PUBLIC - Professions libérales	0,01
MSA Salariés - Chômage	0,18	Professions libérales	0,76
MSA Salariés - Maladie	0,12	Professions libérales - AVPF	0,02
MSA Salariés - CNAV non cadres	0,29	Professions libérales - Chômage	0,04
MSA Salariés - CNAV cadres	0,03	Professions libérales - Maladie	0,01
MSA Salariés - CNAV non titulaires	0,00	Professions libérales - CNAV non cadres	0,00
MSA Salariés - RSI	0,01	Professions libérales - CNAV cadres	0,12
MSA Salariés - MSA Exploitants	0,03	Professions libérales - CNAV non titulaires	0,01
MSA Salariés - Professions libérales	0,00	Professions libérales - MSA Salariés	0,00
MSA Salariés - Public	0,00	Professions libérales - RSI	0,00
		Professions libérales - MSA Exploitants	0,00
		Professions libérales - Public	0,00

Tableau B
34 états de non emploi

État	Proportion (en %)
Chômage	0,01
Chômage - CNAV non cadres	1,62
Chômage - CNAV cadres	0,21
Chômage - CNAV non titulaires	0,20
Chômage - MSA Salariés	0,04
Chômage - RSI	0,00
Chômage - MSA Exploitants	0,00
Chômage - Public	0,02
Chômage - Professions libérales	0,00
Retraite	0,00
Maladie	0,00
Maladie - CNAV non cadres	0,17
Maladie - CNAV cadres	0,00
Maladie - CNAV non titulaires	0,03
Maladie - MSA Salariés	0,00
Maladie - RSI	0,00
Maladie - MSA Exploitants	0,00
Maladie - Public	0,00
Maladie - Professions libérales	0,00

État	Proportion (en %)
Inactif	8,13
Inactif - CNAV non cadres	6,99
Inactif - CNAV cadres	0,55
Inactif - CNAV non titulaires	1,16
Inactif - MSA Salariés	0,60
Inactif - RSI	0,12
Inactif - MSA Exploitants	0,02
Inactif - Public	0,35
Inactif - Professions libérales	0,03
AVPF	0,74
AVPF - CNAV non cadres	3,59
AVPF - CNAV cadres	0,05
AVPF - CNAV non titulaires	0,31
AVPF - MSA Salariés	0,22
AVPF - RSI	0,05
AVPF - MSA Exploitants	0,01
AVPF - Public	0,17
AVPF - Professions libérales	0,02

Lecture : le fait que les inactifs représentent une forte proportion de la génération à 31 ans (6 %) tient au fait que nous avons cylindré notre panel. Ceci implique que pour tous les âges, tous les individus de la génération sont présents. La catégorie « inactivité » regroupe donc les individus non encore rentrés sur le marché du travail à l'âge N (qu'ils travaillent un jour ou non), les chômeurs non indemnisés de début de carrière n'ayant jamais travaillé auparavant, les allocataires d'aides non soumises aux cotisations retraites (RSA, AAH...), et les immigrés de cette génération jusqu'à l'année de leur arrivée en France.

La catégorie inactif et emploi (ina.xxx) suppose que les individus aient déjà eu un report dans une des caisses de retraite avant d'être inactifs, ce sont donc des individus qui sont soit en période de chômage non indemnisé donc en fin de droits, soit des individus en arrêt temporaire du travail (pour personne à charge par exemple).

BORNES DES DÉCILES DE PENSION (SELON LE GENRE)

Génération		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
1970	Homme	297	598	849	1 107	1 134	1 554	1 812	2 128	2 600
	Femme	276	505	688	884	1 113	1 353	1 640	1 978	2 489
1980	Homme	279	536	777	1 048	1 345	1 639	1 961	2 362	2 925
	Femme	248	473	665	891	1 151	1 440	1 785	2 213	2 847
1985	Homme	248	486	709	989	1 294	1 671	2 061	2 523	3 151
	Femme	219	427	609	810	1 061	1 356	1 717	2 204	2 926

Lecture : pension en euros 2010 mensuels.

Champ : pension tous régimes hors versement forfaitaire unique.

Sources : Drees, modèle Trajectoire.