

Le modèle de microsimulation Canopée

Modélisation des trajectoires salariales et du passage  
à la retraite des fonctionnaires territoriaux et hospitaliers

Christophe Dorin, Pierrick Joubert, Anthony Marino

Caisse des Dépôts, Direction des retraites et de la solidarité



Le modèle de microsimulation Canopée  
Modélisation des trajectoires salariales et du passage à la retraite des  
fonctionnaires territoriaux et hospitaliers

Christophe Dorin, Pierrick Joubert, Anthony Marino  
Caisse des Dépôts, Direction des retraites et de la solidarité

Octobre 2020

Les auteurs remercient les membres du Comité de suivi du modèle, pour leurs conseils et retours d'expériences précieux : Benoît Buisson, Vincent Bonnefoy et Philippe Chataignon (SRE), Frédérique Nortier-Ribordy (SG COR), Patrick Aubert, Henri Martin et Gwennaël Solard (DREES), Vieu Lin et Lionel Wilner (Insee), Maxime Tô, Mahdi Benjelloul, Antoine Bozio et Simon Rabaté (IPP), Carole Bonnet (Ined) et Benoit Rapoport (Université Paris I).

L'ensemble des personnes de la Direction des retraites et de la solidarité qui ont initié, contribué et participé à la création de Canopée sont également vivement remerciés : Karine Belliard, Isabelle Bridenne, Clémence Darrigade, Loïc Gautier, Laurence Jaumont, Ségolène Leroy et Laurent Soulat.

Enfin, pour sa relecture attentive et enrichissante, les auteurs adressent leurs remerciements à Ronan Mahieu.

*Questions Retraite & Solidarité – Les cahiers* reflètent les idées de leurs auteurs et n'expriment pas nécessairement la position de la Caisse des Dépôts ni celle des régimes qu'elle gère. Ce document est disponible sur le site internet de la Direction des retraites et de la solidarité de la Caisse des Dépôts <http://retraitesolidarite.caissedesdepots.fr/>.

*Questions Retraite & Solidarité – Les cahiers* reflect the opinions of the authors and does not necessarily express the views of the Caisse des Dépôts or the schemes managed. This document is available on the Direction des retraites et de la solidarité de la Caisse des Dépôts website <http://retraitesolidarite.caissedesdepots.fr/>.



## Le modèle de microsimulation Canopée

### Modélisation des trajectoires salariales et du passage à la retraite des fonctionnaires territoriaux et hospitaliers

#### Résumé :

Ce cahier présente le modèle de microsimulation dynamique Canopée (**C**omprendre et **a**nalyser : outil de **p**rojections et d'**é**tudes **é**conomiques) développé par la Direction des retraites et de la solidarité de la Caisse des dépôts. Il permet de simuler l'intégralité du parcours de vie d'un fonctionnaire territorial ou hospitalier : sa trajectoire de carrière dans la fonction publique, comprenant toutes ses situations au regard de l'emploi et ses rémunérations, son départ en retraite, puis le montant de pension perçu jusqu'à son décès.

L'approche originale de Canopée est de fonder la simulation des carrières sur les grilles de la fonction publique, en modélisant en particulier les changements d'échelon, de grade, voire de catégorie hiérarchique. Ce choix ouvre la voie à des analyses fines des évolutions de la masse salariale publique, et permet de simuler l'impact de mesures statutaires ou catégorielles tant sur le déroulement de la carrière que sur les conditions de départ à la retraite au niveau individuel. Canopée peut ainsi à la fois être utilisé pour réaliser des projections démographiques et financières (telles que celles réalisées pour le COR en juin et novembre 2019), pour aider au pilotage de la CNRACL, et permettre des évaluations de réformes *ex ante*, telle que la réforme statutaire des infirmiers de 2010. La modélisation, l'architecture détaillée et les multiples usages possibles de ce modèle sont l'objet de ce cahier.

#### Abstract:

This working paper presents Canopee, the dynamic microsimulation model developed by the Pensions and Solidarity Department of the Caisse des Dépôts. Canopee simulates the life cycle of civil servants working for local government or for hospitals: their career path in the public service, including all their job positions and wages, their age of retirement and their pension benefits until their death.

The innovative contribution of Canopee is to base the simulation of careers on civil service wage grids, in particular by modeling the changes in step, in grade, or even in hierarchical category. This choice enables us to perform detailed analyses of evolutions in the public payroll and makes it possible to measure the impact of reforms of the civil servant status both on career paths and on retirement conditions at the individual level. Thus, Canopee can both be used to make demographic and financial projections (for example for the Pensions Orientation Council in June and November 2019), to help the pension scheme's decision-makings and governance. It also allows *ex ante* reform evaluations (like the 2010 statutory reform of nurses). The modelling, the detailed design and the wide range of uses of this model are the object of this paper.

Mots clés : retraite, CNRACL, fonction publique, titulaire de la fonction publique, évaluation des réformes, masse salariale.

Codes JEL : C63, H55, J18.



## Résumé non technique

Le numéro 9 de Questions Retraite & Solidarité – Les Cahiers est consacré à la présentation du modèle de microsimulation Canopée (**C**omprendre et **a**nalyser : outil de **p**rojections et d'**é**tudes **é**conomiques).

Ce modèle a été développé par la Direction des retraites et de la solidarité de la Caisse des dépôts, pour simuler les parcours professionnels et de retraite des fonctionnaires territoriaux et hospitaliers. Comme tout modèle de microsimulation dynamique pour les retraites, il peut être utilisé pour projeter la situation financière de long terme d'un régime de retraite – en l'occurrence celle de la Caisse nationale de retraite des agents des collectivités locales (CNRACL). C'est ainsi que Canopée a été mobilisé pour les projections du Conseil d'orientation des retraites (COR) de juin 2019 et celles de novembre 2019.

L'apport de la microsimulation va cependant bien au-delà de ce seul usage. En considérant les situations individu par individu, Canopée permet de refléter les multiplicités de cas possibles au regard de la législation retraite ainsi que la diversité de situations au sein des fonctions publiques territoriale et hospitalière. Grâce à ce niveau d'analyse très fin, des analyses de redistribution sont possibles, de même que des comparaisons entre catégories d'individus : entre les femmes et les hommes, par génération, mais également d'autres typologies propres à la fonction publique comme l'appartenance aux catégories active ou sédentaire, les niveaux de catégorie hiérarchique (A, B ou C), les emplois exercés, etc. Cet apport de la microsimulation est précieux pour réaliser des évaluations de politiques publiques et mettre en évidence les impacts d'une réforme au niveau individuel.

C'est précisément la nature de la population modélisée – les fonctionnaires territoriaux et hospitaliers – qui a guidé la construction de Canopée, présentée en détail dans ce papier. L'architecture du modèle se scinde en deux étapes successives : tout d'abord la modélisation des carrières, puis la liquidation des pensions.

La première étape – la modélisation des carrières – a été développée en reproduisant au plus près les règles statutaires et les événements de la vie professionnelle d'un fonctionnaire. Un agent est affilié à la CNRACL à un âge donné et commence sa carrière à un grade donné, qui lui donne accès à des emplois. Sa trajectoire professionnelle se poursuit, avec une succession de positions statutaires possibles. À chaque position d'activité, l'agent poursuit sa carrière, qui obéit à une logique de grilles statutaires régissant son positionnement et sa rémunération dans la fonction publique. D'autres informations nécessaires au déroulement de la carrière et au calcul de la pension sont modélisées par ailleurs : naissance d'enfants, temps partiel, et occupation d'un emploi en catégorie active – qui est une spécificité importante de la fonction publique puisqu'elle permet des départs anticipés.

La trajectoire professionnelle étant simulée jusqu'à des âges élevés, le départ à la retraite, est dans la seconde étape déterminé sous l'hypothèse d'un départ au taux plein. Différents types de liquidations sont possibles (invalidité, catégorie active, carrière longue ou, à défaut, départ sédentaire). Le modèle procède enfin au calcul des pensions.

La modélisation des carrières dans les grilles de la fonction publique est un choix structurant. L'utilisation de Canopée dépasse de ce fait le seul cadre de la projection en matière de retraites. Cet outil permet en effet d'apprécier plus finement la population des titulaires aussi bien quand ils sont actifs – masse salariale, structure des cotisants – que pensionnés. Il offre ainsi la possibilité d'évaluer les impacts d'une réforme statutaire ou catégorielle propre à la fonction publique, notamment une modification de grilles, du point de vue de l'employeur (quelle masse salariale et quelles dynamiques salariales ?), de l'agent (quels niveaux de rémunération et quels effets redistributifs ?), et du régime (quelles conséquences immédiates et futures sur les cotisations et sur les dépenses ?).



## Sommaire

Résumé court .....	iii
Résumé non technique .....	v
Sommaire.....	1
1. Introduction .....	3
2. L'architecture de Canopée.....	4
2.1. Modéliser les règles de retraite actuelles mais aussi pouvoir simuler un nouvel environnement : le choix d'informations larges.....	4
2.2. Deux étapes successives : la carrière puis la retraite .....	6
2.3. Utiliser des données du régime mais aussi celles d'autres régimes .....	7
3. Les biographies individuelles.....	7
3.1. L'affiliation.....	7
3.1.1. Une répartition des affiliés par sexe, grade, échelon et âge.....	7
3.1.2. Les informations individuelles imputées à l'affiliation .....	8
3.2. Les positions d'activité .....	8
3.2.1. La méthodologie générale : des logits séquentiels .....	9
3.2.2. L'invalidité : un état absorbant à traiter spécifiquement .....	10
3.2.3. Natalité et congé maternité : l'interaction entre événement démographique et trajectoire de carrière .....	10
3.3. Les rémunérations .....	10
3.3.1. Les logiques de corps et de grades .....	10
3.3.2. Les grilles retenues dans Canopée .....	12
3.3.3. La modélisation des rémunérations dans Canopée .....	15
3.4. Les autres informations professionnelles trimestrielles utiles : temps partiel et catégorie active.....	16
3.4.1. Le temps partiel.....	16
3.4.2. La catégorie active .....	16
3.5. Schéma synthétique des biographies.....	18
4. La liquidation des pensions .....	19
4.1. Le départ au taux plein.....	19
4.2. Le calcul de la pension.....	20
4.3. Le décès et la réversion .....	20
4.4. Le calcul des cotisations .....	21
5. Un outil d'analyse des retraites.....	21
5.1. Des analyses démographiques .....	21
5.2. Des analyses financières .....	23
6. Les autres usages possibles : analyser la masse salariale publique.....	24
6.1. Les déterminants macro de l'évolution de la masse salariale publique.....	24
6.2. Utiliser Canopée pour mesurer la diversité des rémunérations publiques .....	27
7. Conclusion : usages et perspectives .....	29
Bibliographie .....	30
Annexe. Les concepts de glissement vieillesse technicité (GVT) et de rémunération moyenne des personnes en place (RMPP).....	31



## 1. Introduction

Gestionnaire de plusieurs régimes et fonds par les mandats qui lui sont confiés, la Direction des retraites et de la solidarité (DRS) de la Caisse des Dépôts réalise diverses analyses actuarielles pour apprécier leur situation financière : soit à court terme, auquel cas il s'agit de prévisions, soit à plus long terme, auquel cas il s'agit de projections réalisées dans un cadre démographique et macroéconomique fixé. Jusqu'ici, les projections de long terme pour la Caisse nationale de retraites des agents des collectivités locales (CNRACL), premier fonds géré par la DRS en termes de pensions et cotisations, étaient réalisées à l'aide d'un modèle stock-flux considérant des comportements moyens. Avec la complexification croissante des barèmes et règles de calcul en matière de retraite, cette approche présente certaines limites et n'est plus à même de mettre en lumière la diversité des situations possibles des agents publics au regard de la retraite.

La DRS a donc développé un modèle de microsimulation dynamique pour la CNRACL, appelé Canopée (**C**omprendre et **a**nalyser : **o**util de **p**rojections et d'**é**tudes **é**conomiques). Comme l'a récemment rappelé le Conseil d'orientation des retraites – COR (SG-COR, 2020) cette approche a été mise en œuvre dans plusieurs caisses de retraite (Caisse nationale d'assurance vieillesse, Service des retraites de l'État, Agirc-Arrco) ou administrations (Insee, DREES, Direction générale du Trésor). La large diffusion de la microsimulation dans le domaine des retraites mais aussi au-delà (fiscalité, minima sociaux) s'explique notamment par son principal apport (Blanchet, 2020). Elle permet de considérer la réglementation du point de vue de l'individu, et ainsi d'appliquer plus finement les différents barèmes et règles (qui présentent des non-linéarités) pour la multiplicité des cas possibles, en prenant donc en compte l'hétérogénéité de la population. En matière de retraites, outre la trajectoire financière du régime, la microsimulation permet par conséquent de réaliser des mesures de dispersion, d'appréhender le degré de redistribution des règles et d'évaluer l'impact individuel d'un changement de législation.

Si cette approche de microsimulation est usuelle en matière de retraite, le modèle Canopée présente une spécificité en lien avec la population considérée, en l'occurrence les fonctionnaires territoriaux et hospitaliers. Comme la plupart des modèles de microsimulation, une attention particulière doit être portée à la modélisation des carrières (Berteau-Rapin, Beurnier et Denayrolles, 2015), car elles déterminent les comportements de départ à la retraite ainsi que les montants de pension versés. S'agissant de fonctionnaires, les règles de rémunération et de carrière sont particulières car régies par des grilles indiciaires et des cadres d'emplois ou corps<sup>1</sup> particuliers. Canopée reproduit donc cette logique au plus près, en faisant évoluer les individus dans les grilles, rompant ainsi avec l'approche usuelle des différents modèles attribuant des revenus d'activité *via* des équations de salaire. Le modèle répartit ainsi la population en différentes typologies renvoyant aux cadres d'emplois et grades des fonctions publiques territoriale et hospitalière. Ce degré d'analyse permet donc de réaliser des études à l'échelle de sous-populations d'intérêt : les infirmiers, les aides-soignants, les adjoints techniques, les

<sup>1</sup> Le terme de cadre d'emplois est utilisé dans la fonction publique territoriale (FPT) et regroupe « les fonctionnaires soumis au même statut particulier, titulaires d'un grade leur donnant vocation à occuper un ensemble d'emplois. Chaque titulaire d'un grade a vocation à occuper certains des emplois correspondant à ce grade. Le cadre d'emplois peut regrouper plusieurs grades » (loi n°84-53 du 26 janvier 1984 qui régit la fonction publique territoriale). Dans la fonction publique hospitalière (FPH), la dénomination utilisée est celle de corps. Aussi, dans la suite, le terme de cadre d'emplois ou de corps sera utilisée comme synonyme.

attachés territoriaux, etc. Cette modélisation permet ainsi à Canopée d'être un outil d'évaluation d'une réforme des retraites, mais également un outil en mesure de simuler les effets d'une réforme statutaire sur la masse salariale publique et le solde du régime de retraite.

Ce numéro de *QRS – Les Cahiers* a vocation à présenter de façon détaillée le modèle de microsimulation Canopée. Au-delà des choix méthodologiques retenus, le document vise à illustrer les cas d'usage du modèle, et notamment ceux mettant en avant sa spécificité, à savoir la logique statutaire propre à la fonction publique. Grâce à celle-ci, Canopée peut être un outil de référence sur l'ensemble des dimensions de la sphère publique : retraite, mais également structure de la population, dynamique des rémunérations et de la masse salariale.

L'architecture de Canopée est présentée dans la partie 2. Les deux étapes successives – simulation des biographies individuelles et passage à la retraite – sont respectivement présentées dans les parties 3 et 4. Des types d'usages sont explicités dans les parties 5 et 6 : la projection à long terme en matière de retraites – usuelle pour ce type de modèle – et l'analyse de la masse salariale publique – qui constitue une spécificité de Canopée. Enfin, la partie 7 dresse les conclusions et les perspectives du modèle.

## 2. L'architecture de Canopée

### 2.1. Modéliser les règles de retraite actuelles mais aussi pouvoir simuler un nouvel environnement : le choix d'informations larges

Un modèle de microsimulation tel que Canopée peut être utilisé à différentes fins.

Il peut tout d'abord permettre de projeter finement la situation financière d'un régime de retraite – en l'occurrence la CNRACL (encadré 1). Il s'agit là d'un des principaux avantages de la microsimulation. Lorsque les barèmes s'avèrent complexes et que le système de retraite comprend de nombreuses non-linéarités – comme dans le cas du système français – un modèle stock-flux reposant sur des comportements moyens présente certaines limites. Une analyse par microsimulation, reproduisant la diversité des cas possibles et de leur traitement au regard des règles de retraite, est alors plus précise et pertinente.

L'approche individuelle permet d'effectuer des analyses à un degré plus fin que le niveau macroéconomique qui prévaut lorsque l'on s'intéresse aux ressources et dépenses d'un régime. Canopée peut ainsi conduire à des calculs de dispersion, mesurer le degré de redistribution du système de retraite et déterminer les impacts de réformes par catégorie fine d'individus (Blanchet, 2014).

Le système de retraite a par ailleurs fait l'objet de plusieurs réformes. Dans la fonction publique, citons notamment les réformes de 2003, 2010 et 2014. Canopée peut dans ce contexte être mobilisé afin d'évaluer les impacts de ces réformes passées, en mesurant les effets sur les niveaux de pension individuels (niveau individuel) ou sur l'équilibre financier du régime (niveau agrégé). Des réformes paramétriques telles que celles-ci peuvent être également évaluées *ex ante* : quel serait l'impact d'un relèvement des bornes d'âge ou de la durée d'assurance pour liquider à taux plein dans le futur ?

Enfin, il peut être intéressant de simuler des réformes structurelles modifiant plus en profondeur les règles de calcul et d'ouverture des droits. Canopée est ainsi en mesure de disposer d'informations suffisamment larges pour pouvoir appliquer une nouvelle

règlementation. D'une part, un nouveau calcul des pensions peut solliciter de nouvelles données jusqu'ici inutiles : par exemple, quel serait l'effet d'un élargissement de l'assiette des droits, tel que l'intégration des primes ? D'autre part, de tels travaux impliqueraient de recourir à une modélisation structurelle pour mieux appréhender le comportement des individus : comment réagiraient les assurés à de nouvelles incitations financières, par exemple si les décote et surcote n'étaient plus appréciées de la même manière ?

### Encadré 1

#### La Caisse nationale de retraite des agents des collectivités locales

Les fonctionnaires territoriaux et hospitaliers sont affiliés à la Caisse nationale de retraite des agents des collectivités locales (CNRACL). Il s'agit d'un régime intégré, correspondant à l'équivalent à la fois de la retraite de base et de la retraite complémentaire des salariés du secteur privé.

En 2019, ce régime verse des pensions à 1,40 million de retraités : 0,77 million au sein de la fonction publique territoriale (FPT) et 0,63 million au sein de la fonction publique hospitalière (FPH) (pour plus de détails, voir Caisse des dépôts, 2020). Le nombre de cotisants, quant à lui, s'élève cette même année à 2,19 millions (1,39 million au sein de la FPT et 0,81 million au sein de la FPH).

Dans l'ensemble du système de retraite, la CNRACL concentre 8 % du total des cotisations perçues (environ 21 Md€) et 6 % du total des prestations versées (environ 21 Md€ également).

S'agissant d'un modèle de microsimulation, le niveau d'information est celui de l'individu, et c'est donc bien la chronique de chaque individu composant le modèle qui doit être connue. À quel âge débute-t-il sa carrière de fonctionnaire ? Quel est son traitement et donc la cotisation versée ? À quelle date liquidera-t-il ses droits ? Quel sera son traitement de fin de carrière et donc la pension perçue ? Pendant combien de temps la percevra-t-il ?

Pour pouvoir calculer, à chaque période, les cotisations acquittées et les pensions versées aux individus, la biographie complète des individus doit être connue. Il s'agit tout d'abord des informations de carrière : positions statutaires (activité, maladie, etc.), niveaux de rémunérations... Outre ces informations, il faut également disposer d'une biographie individuelle et familiale (nombre d'enfants, date de décès, potentiel conjoint réversataire, etc.).

Dans le passé, ces informations sont pour la plupart connues et peuvent être reconstituées. L'enjeu de Canopée est de simuler ces informations dans le futur.

Il s'agit ainsi :

- de poursuivre la carrière des cotisants actuels, et de modéliser leur départ à la retraite ;
- de déterminer la date de décès de chacun des affiliés – aussi bien ceux dans le stock de pensionnés que les futurs retraités qui peupleront cette population à l'avenir ;
- d'affilier de nouveaux assurés au régime dans le futur et, pour eux, de simuler l'intégralité de leur carrière professionnelle et de leur retraite jusqu'au décès.

Le partage entre « informations connues » et « données simulées » renvoie au point de départ de Canopée. Ce point de départ est actuellement défini au 31/12/2016, date à laquelle on considère la population cotisante et ses informations de carrière passées. L'actualisation des points de départ (ou rebasage) est un exercice indispensable et commun à tous les modèles de microsimulation. Une actualisation est réalisée en 2020 pour prendre en compte les nouveaux départs à la retraite, les nouvelles affiliations, etc., intervenus depuis afin de disposer d'une vision du régime au 31/12/2019.

Enfin, il convient de déterminer, toujours pour chaque individu, l'âge de liquidation des droits à pension. Deux méthodes différentes et structurant l'architecture du modèle sont possibles : soit simuler la carrière indépendamment de la législation retraite, soit autoriser une rétroaction de la législation retraite ou du choix de poursuite ou de cessation d'activité sur les carrières simulées.

## 2.2. Deux étapes successives : la carrière puis la retraite

Au regard du système de retraite, la biographie de chaque affilié se scinde en une période durant laquelle il est cotisant, et une autre durant laquelle il devient pensionné. La constitution de la carrière pose donc la question de l'articulation entre ces deux périodes. Deux méthodes peuvent être envisagées.

La première méthode consiste à projeter carrière et retraite dans une seule et même étape. Dans ce cas, il faut, à chaque période après l'âge d'ouverture des droits, déterminer si l'individu liquide ses droits ou poursuit son activité. Ce choix est plus spécifiquement judicieux lorsqu'une modification de la législation retraite a un impact sur les carrières et rémunérations. Ce type de rétroaction s'illustre en particulier dans le cas de l'effet « horizon » (pour plus de détails, voir notamment Hairault, Langot et Sopraseuth, 2006, ou Aubert, 2012). Cet effet tient au fait qu'un relèvement des âges de départ à la retraite influe sur les taux d'activité en fin de période, soit *via* l'offre de travail – les conditions de liquidation aux différents âges affectent le choix de l'âge de cessation d'activité – soit *via* la demande de travail – les choix d'investissement en capital humain des entreprises dépendent de l'horizon d'emploi des agents. Ce point est particulièrement important dans le secteur privé ; le modèle Prisme développé par la CNAV retient par exemple cette approche : les modules carrière et retraite s'enchaînent à chaque période (DSPR, 2020).

La seconde méthode consiste à dissocier totalement les deux étapes : projeter les biographies de carrière jusqu'aux âges les plus élevés de départ possibles, par exemple 70 ans ; puis déterminer ensuite l'âge de départ à carrière fixée. C'est cette approche qui est notamment considérée pour le modèle généraliste Destinie 2 de l'Insee (Blanchet, Buffeteau, Crenner et Le Minez, 2013) ou bien encore pour le modèle Pablo développé par le Service des retraites de l'État (Buisson, 2020). Ce choix empêche toute rétroaction du choix de l'âge de départ sur la carrière. Cette limite n'est cependant pas cruciale s'agissant de fonctionnaires pour lesquels les retraits d'activité en amont de la retraite sont peu fréquents<sup>2</sup>.

C'est cette seconde méthode qui a donc été retenue pour Canopée. Elle présente l'avantage de limiter le nombre de projections de carrière – coûteuses en temps de calcul – aux seuls scénarios affectant directement l'activité. Les diverses projections de réformes n'amènent alors qu'à solliciter les modules « départ » et « calcul » de la retraite, ce qui facilite grandement la réalisation de variantes.

À noter qu'une troisième étape, dite de calage, est également réalisée. Une fois l'intégralité des carrières et départs à la retraites connus, le nombre de nouveaux entrants est déterminé afin d'atteindre une cible de cotisants fixée de façon exogène (la plupart du temps fournie par le COR selon les hypothèses d'évolution de l'emploi public) compte tenu du stock d'actifs à la période précédente et des effectifs sortants (liquidations et décès).

---

<sup>2</sup> L'une des rétroactions possibles est le choix de travailler à temps partiel avant la retraite. Elle n'est à ce stade pas prise en compte, les choix d'exercer à temps partiel étant définis pour l'instant par âge et non par la distance à l'âge de départ en retraite (voir 3.4.1).

### 2.3. Utiliser des données du régime mais aussi celles d'autres régimes

La très grande majorité des données utilisées sont issues des données de gestion de la CNRACL et notamment des Comptes individuels retraite (CIR). Cette source a été mise en place pour répondre à l'obligation du droit à l'information (article 10 de la loi du 21 août 2003). Elle permet de synthétiser les données de carrière observées : position statutaire au regard de l'emploi et grade occupés, rémunération indiciaire, quotité de travail (temps plein ou temps partiel). Elle est également la source de données utilisées pour réaliser les estimations nécessaires aux projections dans le futur.

Cependant, la seule information des données de carrière au sein de la fonction publique n'est pas suffisante. Elle ne reflète qu'une part de la carrière de l'individu et ne suffit pas à déterminer le comportement de départ à la retraite – ce dernier étant dépendant de l'ensemble des droits acquis, comme fonctionnaire ou non. Ce point est encore plus important pour les affiliés de la CNRACL qui entrent à la fonction publique à des âges pouvant être tardifs et sont souvent polypensionnés. Trois quarts d'entre eux perçoivent ainsi également une pension au régime général (Bridenne, 2013). Il est donc nécessaire de compléter les données de carrière par les informations sur les autres régimes (durée validée avant affiliation, durée validée en cours de carrière dans les autres régimes, par exemple pendant les périodes de disponibilité), en mobilisant pour ce faire les données inter-régimes issues des campagnes du droit à l'information du GIP-Union retraite (DAI).

## 3. Les biographies individuelles

Pour un cotisant qui entre dans le régime en projection, constituer la biographie individuelle s'articule essentiellement autour de trois étapes : tout d'abord déterminer ses caractéristiques lors de son affiliation (paragraphe 3.1), ensuite définir sa situation à chaque trimestre au regard de l'emploi (paragraphe 3.2) enfin lui attribuer des rémunérations pour les périodes d'activité (paragraphe 3.3). D'autres informations de carrière connexes – catégorie active et quotité de travail – doivent également être ajoutées : elles sont l'objet du paragraphe 3.4.

Pour un agent déjà présent dans le stock de cotisants au point de départ, la problématique est la même, à ceci près que l'affiliation et une partie de la carrière sont connues, il s'agit donc de prolonger cette carrière. Une représentation schématique des biographies est présentée au paragraphe 3.5.

### 3.1. L'affiliation

#### 3.1.1. Une répartition des affiliés par sexe, grade, échelon et âge

Le premier événement de la vie professionnelle publique d'un agent territorial ou hospitalier renvoie à son affiliation, c'est-à-dire au moment où il intègre la fonction publique et acquiert des droits dans le régime en contrepartie des cotisations qu'il verse. C'est à partir de cette date qu'il faut dérouler l'intégralité de la biographie professionnelle.

À chaque période, la population est complétée par de nouveaux affiliés. Pour chaque versant de la fonction publique (territorial ou hospitalier), un nombre prédéterminé d'individus entre dans le régime et est ventilé par sexe, grade, échelon, âge (des précisions sur les informations grade et échelon sont explicitées plus loin).

La répartition correspond à l'observation des flux entrants de 2014, 2015 et 2016. Ce choix – qui peut être adapté selon les hypothèses que l'on se fixe de façon exogène – correspond donc par défaut à une hypothèse de stabilité de la structure de la population entrante.

### 3.1.2. Les informations individuelles imputées à l'affiliation

Dès l'affiliation, des informations, spécifiques à chaque individu de la population, doivent être imputées. Elles seront utiles pour déterminer, dans une étape ultérieure, l'âge auquel l'assuré fera valoir ses droits, c'est-à-dire liquidera sa pension.

Avant d'être affilié à la CNRACL, l'agent peut avoir acquis des trimestres au titre d'autres régimes, la plupart du temps au régime général en tant que salarié du privé. Si ces périodes ne donnent pas directement des droits à la CNRACL, elles permettent cependant d'atteindre le taux plein plus rapidement et sont utiles pour déterminer l'âge de départ de l'agent : elles sont donc imputées. Ces trimestres validés dans les autres régimes sont déterminés notamment en fonction de l'âge d'entrée dans le régime.

Par ailleurs, depuis la réforme de 2003, les agents ayant commencé leur carrière tôt peuvent partir à la retraite de façon anticipée. Ce dispositif a beaucoup évolué ; il a vu ses conditions d'abord restreintes, puis assouplies en 2012. Le critère essentiel pour pouvoir y prétendre est le nombre de trimestres validés avant 20 ans. Cette information est donc imputée : elle dépend notamment de l'âge d'affiliation et du nombre de trimestres acquis avant affiliation, à partir d'estimations mobilisant des données du régime et celles d'autres régimes avec le DAI.

Enfin, un nombre d'enfants avant affiliation est attribué à chaque agent. Il est déterminé selon une distribution calculée par âge et sexe pour chaque sous-population correspondant à un versant (FPT ou FPH) et une catégorie hiérarchique donnée. Ces estimations ont été réalisées par l'Institut des politiques publiques (IPP) à partir du panel DADS-EDP (déclaration annuelle de données sociales – échantillon démographique permanent) de l'Insee.

### 3.2. Les positions d'activité

À chaque période – en l'occurrence un trimestre – la biographie individuelle doit comprendre la position statutaire au regard du régime. Cette position peut prendre différentes valeurs, qui ont été synthétisées en huit modalités possibles :

- Activité (position prépondérante)
- Congé maladie ordinaire
- Congé pour invalidité temporaire imputable au service
- Congé longue durée ou Congé longue maladie
- Congé maternité
- Congé parental
- Disponibilité (cas d'un individu qui se met en congé de l'administration)
- Invalidité

Les congés maladie les plus sévères (notamment le congé imputable au service, les congés longue durée et longue maladie) sont distingués des congés maladie ordinaires car ils sont plus souvent associés à un passage en invalidité.

Les périodes de disponibilité pour maladie sont associées aux Congés longue durée ou longue maladie. Elles auraient pu être associées aux autres périodes de disponibilité puisqu'un tel état n'ouvre pas de droit à pension à la CNRACL (contrairement à ces congés maladie longue

durée ou maladie). C'est cependant ce regroupement qui a été choisi car ces périodes constituent aussi un déterminant pour l'entrée en invalidité.

### 3.2.1. La méthodologie générale : des logits séquentiels

Lorsqu'il est affilié, l'individu est supposé commencer sa carrière en position d'activité. Il poursuit sa trajectoire selon des probabilités de transition.

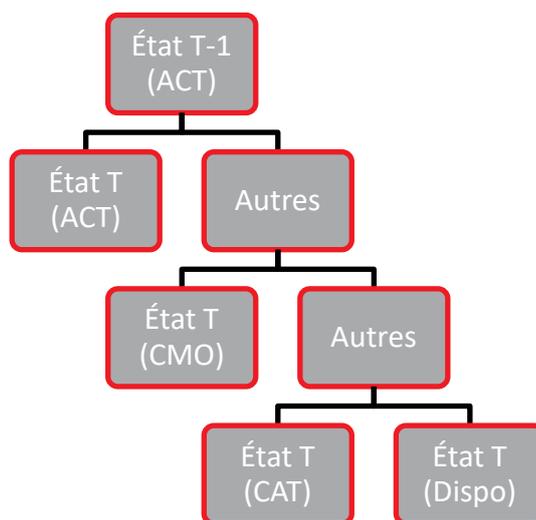
Ces probabilités sont déterminées sous la forme d'équations estimées à partir des observations des années 2013, 2014 et 2015<sup>3</sup> :

- par sous-population fine : croisant à la fois le sexe, le versant (FPT ou FPH), la tranche d'âge<sup>4</sup> et la position statutaire occupée à la période précédente ;
- avec les variables explicatives suivantes : âge, âge d'affiliation en tranche, catégorie hiérarchique (C versus A ou B), présence d'un enfant de moins de 3 ans, nombre de jours maladie, cumul de durée en disponibilité, cumul de durée ininterrompue dans l'état en cours (variable de mémoire).

Les transitions sont plus précisément réalisées sous la forme d'équations logistiques séquentielles, dont le point de départ est la position statutaire à la période précédente. Successivement, plusieurs alternatives sont testées pour qu'un individu choisisse entre un état et tous les autres.

Graphiquement, cette approche s'apparente à un arbre de décision à  $X-1$  branches, où  $X$  est le nombre d'états possibles partant d'une position statutaire en  $T-1$  et selon la segmentation considérée. Un exemple, celui des transitions des femmes de la FPT de moins de 35 ans en activité, est présenté à titre illustratif en graphique 1.

Graphique 1. Équations logistiques séquentielles pour les femmes de la FPT âgées de moins de 35 ans en position d'activité en  $T-1$ .



Lecture : ACT = activité ; CMO = congé maladie ordinaire ; CAT = congé maladie imputable.

<sup>3</sup> Les équations de transitions feront l'objet de réestimations régulières.

<sup>4</sup> Les 50 ans et plus sont isolés pour mieux modéliser les comportements de fin de carrière et les entrées en maladie. Pour les femmes, sont en plus isolées les moins de 35 ans, pour prendre en compte les maternités et cessations d'activité/disponibilités.

Cette méthodologie générale s'applique pour tous les états, à l'exception de deux d'entre eux :

- l'état invalidité est traité séparément ;
- le congé maternité ne fait pas partie des états de sortie possibles dans le cas général. L'entrée en congé maternité est modélisée en lien avec la natalité.

### **3.2.2. L'invalidité : un état absorbant à traiter spécifiquement**

Au cours de sa carrière professionnelle, un agent peut tomber en invalidité. Dans les règles actuelles prévalant dans la fonction publique, un agent perçoit une pension dès qu'il est reconnu invalide : cette pension fera également office de pension vieillesse jusqu'au décès (pour plus de détails, voir Belliard et Bridenne, 2017). Il s'agit donc d'un état particulier car absorbant : lorsque l'agent entre dans cet état, il n'en sort plus.

La particularité de cet état conduit donc à ne pas déterminer d'état de sortie. Il est en revanche nécessaire d'estimer des probabilités d'entrer en invalidité. Celles-ci sont appliquées trimestriellement, grâce à des estimations réalisées sur les observations de 2016. Cette probabilité, qui est une fonction de hasard, est calculée par sexe et par versant ; elle croît avec l'âge et le cumul de temps passé dans les états maladie.

La probabilité de tomber en invalidité est calculée en première étape. Les probabilités de transition présentées en 3.2.1 sont donc appliquées conditionnellement au fait que l'agent ne soit pas tombé en invalidité.

### **3.2.3. Natalité et congé maternité : l'interaction entre événement démographique et trajectoire de carrière**

Outre ces trajectoires d'activité, les événements de natalité sont également simulés à chaque trimestre. Lorsqu'une naissance se produit, l'agent voit alors son nombre d'enfants incrémenté (le point de départ du nombre d'enfants et leur âge étant imputé à l'affiliation). Cette étape a un impact sur les droits à pension – majoration de durée d'assurance, majoration pour 3 enfants et plus dans les règles actuelles en annuités – mais également sur la trajectoire de carrière.

Si l'agent est une femme, cet événement la positionne automatiquement en état Congé maternité : l'entrée dans cet état n'obéit donc pas à des équations de transition. Il faut en revanche déterminer l'état de sortie pour le trimestre suivant : celui-ci est déterminé sous la forme des équations séquentielles à l'instar des autres positions statutaires.

## **3.3. Les rémunérations**

Une fois l'intégralité des positions statutaires déterminées, il faut attribuer des rémunérations – et notamment des traitements indiciaires – pour chaque position génératrice de droits ou de cotisations. Dans la fonction publique, les règles de rémunération obéissent à une logique statutaire spécifique.

### **3.3.1. Les logiques de corps et de grades**

Pour chaque versant de la fonction publique (notamment la FPT et la FPH qui concernent plus spécifiquement la CNRACL), les métiers sont répartis en différentes filières :

- 8 filières à la FPT : administrative, animation, culturelle, médico-sociale, police municipale, sapeurs-pompiers professionnels, sportive et technique ;
- 6 filières à la FPH : soin, rééducation, médico-technique, administrative, technique-ouvrière et socio-éducative.

Cette première typologie renvoie à la famille de métiers exercés. Une autre est relative au niveau de responsabilité et de rémunération et classe les emplois en catégorie hiérarchique :

- catégorie A : fonctions de direction, d'expertise ou d'encadrement ;
- catégorie B : fonctions d'application et d'encadrement intermédiaire ;
- catégorie C : fonctions d'exécution.

Au sein d'une filière, les emplois sont ensuite répartis en différents cadres d'emploi ou corps, eux-mêmes associés à une catégorie hiérarchique. Par exemple, la filière technique de la FPT comprend notamment le corps des adjoints techniques territoriaux de catégorie C. Ce corps est retenu à titre d'exemple dans l'encadré 2 ci-après.

Enfin, un corps est composé de plusieurs grades : le grade d'adjoint technique, le grade d'adjoint technique principal de 2<sup>e</sup> classe et celui d'adjoint technique principal de 1<sup>e</sup> classe, s'agissant du corps des adjoints techniques en 2020.

Les grades peuvent être représentés sous forme de grilles dans lesquelles les agents évoluent (voir encadré 2). Chaque grille comprend plusieurs échelons que les agents franchissent au fur et à mesure de leur ancienneté. Finalement, à chaque échelon est associé un indice brut (IB). Cet IB sert à positionner l'individu dans l'échelle salariale (ou grilles), mais ne sert pas directement à calculer le traitement perçu.

## Encadré 2

### Le cadre d'emploi des adjoints techniques de la FPT

En 2020, le corps des adjoints techniques comprend trois grades :

- le grade d'adjoint technique, comprenant 11 échelons,
- le grade d'adjoint technique principal de 2<sup>e</sup> classe, comprenant 12 échelons,
- le grade d'adjoint technique principal de 1<sup>e</sup> classe, comprenant 10 échelons.

Grade d'adjoint technique

Echelon	IB	IM	Durée
1	350	327	1 an
2	351	328	2 ans
3	353	329	2 ans
4	354	330	2 ans
5	356	332	2 ans
6	359	334	2 ans
7	365	338	2 ans
8	370	342	2 ans
9	376	346	3 ans
10	389	356	3 ans
11	412	368	

Grade d'adjoint technique principal de 2<sup>e</sup>ème classe

Echelon	IB	IM	Durée
1	353	329	1 an
2	354	330	2 ans
3	358	333	2 ans
4	362	336	2 ans
5	374	345	2 ans
6	381	351	2 ans
7	403	364	2 ans
8	430	380	2 ans
9	444	390	3 ans
10	459	402	3 ans
11	471	411	4 ans
12	483	418	

Grade d'adjoint technique principal de 1<sup>ère</sup> classe

Echelon	IB	IM	Durée
1	380	350	1 an
2	393	358	1 an
3	412	368	2 ans
4	430	380	2 ans
5	448	393	2 ans
6	460	403	2 ans
7	478	415	3 ans
8	499	430	3 ans
9	525	450	3 ans
10	548	466	

Considérons un adjoint technique à l'échelon 7, à l'indice majoré (IM) 338. Depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2017, la valeur du point fonction publique étant de 4,6861 € par mois, il perçoit un traitement brut de :  $338 \times 4,6861 = 1\,589$  €.

*Possibilité 1* : il est promu au grade supérieur, celui d'adjoint technique principal de 2<sup>e</sup> classe. Il est reclassé à l'échelon dont l'IB est supérieur ou égal à celui qu'il détient (c'est-à-dire 365), soit le 5<sup>e</sup> échelon de sa nouvelle grille (IB 374 et IM 345). Il perçoit alors un traitement brut de :  $345 \times 4,6861 = 1\,616$  €.

*Possibilité 2* : il reste dans son grade d'adjoint technique, il passera automatiquement à l'échelon 8 au terme de 2 années dans l'échelon 7.

Au cours de son évolution de carrière, un individu peut être promu et basculer d'une grille à une autre, plus favorable. Dans ce cas, l'agent doit être repositionné sur l'échelon de la nouvelle grille dont l'IB est égal ou immédiatement supérieur à celui qu'il occupait avant. Cette règle permet de s'assurer que le traitement de l'agent ne puisse pas baisser lors d'une promotion.

C'est toutefois un autre indice, l'indice majoré (IM), qui détermine le niveau de rémunération. À chaque IB est associé un seul et unique IM (et vice-versa), selon une table de correspondance officielle.

En multipliant l'IM (propre à chacun selon son grade et son échelon) par la valeur du point fonction publique (qui s'applique à toute la fonction publique à la date donnée), on obtient le traitement brut, qui est l'assiette de cotisation. Le traitement brut des 6 derniers mois de carrière sera par ailleurs le salaire de référence retenu pour le calcul de la pension dans les règles actuelles prévalant à la CNRACL.

À ce traitement s'ajoutent des primes, qui constituent une part indemnitaire de rémunération. Cette partie, variable selon les grades et les situations individuelles, n'est en revanche pas soumise à cotisations à la CNRACL et n'ouvre pas de droit à pension dans ce régime<sup>5</sup>. Les primes sont imputées *via* des taux moyens par grade fournis par la DGAFP.

### 3.3.2. Les grilles retenues dans Canopée

Dans la plupart des modèles de microsimulation, les revenus d'activité sont estimés par des équations dans lesquelles le salaire des individus, exprimé en proportion du salaire moyen par tête (SMPT), est régressé sur des variables caractérisant l'individu (sexe, âge...) et son expérience professionnelle.

Dans la fonction publique, la rémunération obéit à des règles particulières : Canopée a été modélisé en les reproduisant au plus près. Les individus évoluent donc sur des grilles et se voient affecter un IM puis un traitement, compte tenu d'une hypothèse exogène de valeur du point. Ce choix structurant permet aussi de pouvoir simuler plus facilement des modifications relatives à la rémunération publique, dont la mise en place repose le plus souvent sur des modifications de grilles.

Des hypothèses simplificatrices ont cependant dû être faites. Seul un nombre limité de corps et grades ont été considérés, compte tenu du nombre important de corps. Le choix s'est porté sur les filières concentrant une grande majorité des effectifs : deux filières ont été considérées dans la FPT (filières technique et administrative) et deux dans la FPH (filières soin et administrative). Cette restriction permet cependant de suivre précisément les deux tiers des effectifs dans diverses grilles de catégorie A, B et C. Le tiers restant est dans le périmètre d'analyse de Canopée afin de disposer d'une base exhaustive, mais avec certaines simplifications. Pour chaque versant, les filières non considérées sont regroupées dans une filière Autre, laquelle comprend des grades représentatifs pour chaque catégorie A, B et C.

Les tableaux 1 et 2 récapitulent les grades retenus ainsi que les grades représentatifs pour les filières Autres.

---

<sup>5</sup> Depuis 2005, des points sont acquis sur cette assiette (dans la limite de 20% du traitement) *via* la retraite additionnelle de la fonction publique (Rafp).

Tableau 1. Grades retenus dans la FPH dans Canopée

Filière	Catégorie	Corps	Grade	
Adminis- trative	C	Adjoint administratif	Adjoint administratif de 2e classe	
			Adjoint administratif de 1e classe	
			Adjoint administratif principal 2e classe	
			Adjoint administratif principal 1e classe	
	B	Assis. médico admin., adj. des cadres et perm. aux. de régul. médicale	Assistant médico administratif de classe normale	
			Assistant médico administratif de classe supérieure	
			Assistant médico administratif de classe exceptionnelle	
	A	Attachés	Attaché	
			Attaché principal	
Soin	C	Aide-soignant et agent des services hospitaliers qualifié (ASHQ)	ASHQ classe normale	
			ASHQ classe supérieure	
			Aide-soignant de classe normale	
			Aide-soignant de classe supérieure	
			Aide-soignant de classe exceptionnelle	
	B	Infirmier de soins généraux ( <i>ancien statut en extinction</i> )	Infirmier diplômé d'Etat de classe normale	
			Infirmier diplôme d'Etat classe supérieure	
	A	Infirmiers en soins généraux et spécialisés (ISGS)	ISGS 1er grade	
			ISGS 2e grade	
			IBODE (infirmier de bloc) et puéricultrices de classe normale	
			IGSG 3e grade	
			IBODE et puéricultrices de classe supérieure	
			IADE (infirmier anesthésiste) classe normale	
			ISGS 4e grade	
			IADE classe supérieure	
			Cadre de santé paramédical	Cadre de santé paramédical
				Cadre supérieur de santé paramédical
	Directeur des soins	Directeur des soins de classe normale		
		Directeur des soins de classe supérieure		
	Autre	C	HC1	réf : Agent d'entretien qualifié - e3
HC2			réf : Ouvrier professionnel qualifié - e4	
HC3			réf : Maître ouvrier - e5	
HC4			réf : Maître ouvrier principal - e6	
B		HB1	réf : Educateur technique spécialisé classe normale	
		HB2	réf : Educateur technique spécialisé classe supérieure	
A		HA1	réf : Attaché	
		HA2	réf : Attaché principal	
		HA3	réf : Directeur hospitalier hors classe	

Tableau 2. Grades retenus dans la FPT

Filière	Catégorie	Corps	Grade	
Technique	C	Adjoint technique territorial	Adjoint technique de 2e classe	
			Adjoint technique de 1e classe	
			Adjoint technique principal de 2e classe	
			Adjoint technique principal de 1e classe	
	C	Agent de maîtrise	Agent de maîtrise	
			Agent de maîtrise principal	
	B	Technicien territorial	Technicien (1er grade)	
			Technicien principal de 2e classe	
			Technicien principal de 1e classe	
	A	Ingénieur territorial	Ingénieur	
			Ingénieur principal	
			Ingénieur en chef classe normale	
			Ingénieur en chef classe exceptionnelle	
	Administrative	C	Adjoint administratif	Adjoint administratif de 2e classe
				Adjoint administratif de 1e classe
				Adjoint administratif principal de 2e classe
Adjoint administratif principal de 1e classe				
B		Rédacteur territorial	Rédacteur	
			Rédacteur principal de 2e classe	
			Rédacteur principal de 1e classe	
A		Attaché territorial	Attaché	
			Attaché principal	
			Directeur territorial	
Autre		C	TC1	réf : Adjoint technique de 2e classe
			TC2	réf : Adjoint technique de 1e classe
	TC3		réf : Adjoint technique principal 2e classe	
	TC4		réf : Adjoint technique principal 1e classe	
	B	TB1	réf : Educateur	
		TB2	réf : Educateur principal de 2e classe	
		TB3	réf : Educateur principal de 1e classe	
	A	TA1	réf : Attaché	
		TA2	réf : Attaché principal	
		TA3	réf : Ingénieur en chef de classe exceptionnelle	

Remarque relative aux évolutions des grilles :

Les grilles indiciaires font l'objet d'évolutions : requalifications, simplifications, harmonisations ou revalorisations ciblées. Les grilles retenues dans cette première version du modèle Canopée sont celles prévalant en 2016. Ce choix s'explique par le fait que les estimations ont été effectuées sur la base des observations entre 2010 et 2016. Les modifications induites par le protocole PPCR (Parcours professionnels carrières et rémunérations), et notamment les améliorations des grilles, par exemple ne sont pas encore prises en compte. Elles le seront à l'occasion des travaux d'amélioration et d'approfondissement et en cours. C'est ainsi que, dans cette première version de Canopée, le corps des adjoints techniques territoriaux (tableau 2) comprend quatre grades : adjoint technique de 2<sup>e</sup> classe, adjoint technique de 1<sup>e</sup> classe, adjoint technique principal de 2<sup>e</sup> classe, adjoint technique principal de 1<sup>e</sup> classe, conformément à la nomenclature de 2016, et non pas les trois prévalant en 2020 (encadré 2).

**3.3.3. La modélisation des rémunérations dans Canopée**

Dans Canopée, à chaque trimestre durant lequel l'individu est actif dans la fonction publique, trois possibilités se présentent :

1<sup>er</sup> cas : il reste dans le même grade et poursuit donc dans la même grille. S'il vérifie la condition de durée, il passe automatiquement à l'échelon supérieur le cas échéant ;

2<sup>e</sup> cas : il bénéficie d'un avancement au grade supérieur. Dans ce cas, on l'affecte à l'échelon lui assurant de retrouver au moins le même IB ;

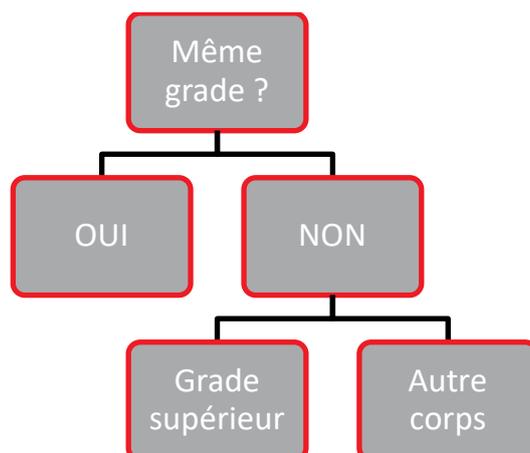
3<sup>e</sup> cas : il évolue dans un autre grade. Par simplification, ce grade est déterminé parmi les cinq principaux grades d'atterrissage des promotions pour chaque grade de départ considéré. Le grade ayant été déterminé, l'agent est là aussi positionné sur l'échelon lui permettant d'avoir au moins le même IB.

Ces alternatives sont modélisées sous la forme de deux équations logistiques séquentielles (graphique 2). La première équation modélise l'événement « sortir du grade » vs « rester dans le même grade ». Conditionnellement au fait de sortir du grade, la seconde équation modélise quant à elle l'événement « grade supérieur » vs. « autre grade » (ou avancement vs. promotion). Les grades les plus élevés de chaque corps ont quant à eux une spécificité : puisqu'il n'y a aucune possibilité de promotion, au sein du corps, seules deux évolutions sont possibles : « rester dans le même grade » vs « autre grade ».

Les estimations de chacune des deux équations sont effectuées grade par grade, les conditions de promotion étant spécifique pour chaque grade. Les observations de 2011 à 2016 ont permis de réaliser ces estimations, dont les variables explicatives sont tout d'abord le sexe et l'âge (en tranches d'âge).

Enfin, dans la plupart des cas, les agents ne peuvent être promus au grade supérieur (par concours, examen professionnel ou avancement au choix par exemple) que s'ils vérifient certaines conditions institutionnelles. Celles-ci renvoient le plus souvent à une ancienneté minimale dans le grade. De ce fait, la durée dans le grade a également été ajoutée comme variable explicative sous forme d'indicatrice afin de prendre en compte le surcroît de promotions autour du moment où l'agent remplit ses conditions institutionnelles et de mieux saisir les effets de seuil.

Graphique 2. Modélisation des changements de grades dans Canopée



### 3.4. Les autres informations professionnelles trimestrielles utiles : temps partiel et catégorie active

#### 3.4.1. Le temps partiel

Une part des agents exerce son emploi à temps partiel. Cette quotité de travail a un impact à la fois sur les ressources du régime (puisque les cotisations sont versées à due proportion, hors surcotisation<sup>6</sup>), ainsi que sur les dépenses (puisque la durée de services effectifs retenue est considérée au prorata de la quotité). Il importe donc de déterminer, à chaque trimestre, si l'activité est exercée à temps plein ou temps partiel (en l'occurrence 80 %, car il s'agit de la modalité principale d'exercice à temps partiel).

Cette information est implémentée sous la forme d'une matrice de transition :

- une probabilité de temps partiel initiale : commencer sa carrière à temps plein ou partiel à l'affiliation ;
- des probabilités de transition d'être en temps partiel au trimestre  $T$  selon la quotité de travail en  $T-1$ .

Ces probabilités sont calculées en fonction du sexe, de la tranche d'âge et de la présence d'un enfant de moins de 3 ans, à partir des observations de carrière de l'année 2015.

#### 3.4.2. La catégorie active

Dans la fonction publique, certains agents exerçant des missions présentant « un risque particulier » ou dans des conditions générant une usure physique marquée peuvent bénéficier d'un départ anticipé (pour plus de détails, voir Henry et Soulat, 2018 ou Dorin, Marino, Rabaté, Soulat, 2020). L'essentiel de cette population, du point de vue de la CNRACL, est constitué d'aides-soignants, d'agents des services hospitaliers qualifiés et d'infirmiers avant réforme statutaire (voir encadré 3) à la FPH, ainsi que de sapeurs-pompiers et policiers municipaux à la FPT.

Si les agents cumulent au moins 17 années de carrière sur un poste de catégorie active, ils peuvent prétendre à un départ anticipé : les bornes d'âges légales sont anticipées de 5 ans,

<sup>6</sup> Un agent à temps partiel peut sous certaines conditions choisir de cotiser sur la base d'un temps complet. On parle alors de surcotisation.

soit 57 ans pour l'âge d'ouverture des droits et 62 ans pour l'âge d'annulation de la décote – bornes en vigueur à l'issue de la montée en charge de la réforme de 2010. De plus, la législation qui s'applique pour la durée d'assurance taux plein à un agent en catégorie active lorsqu'il atteint 57 ans (âge d'ouverture des droits en catégorie active) est celle en vigueur pour un fonctionnaire sédentaire qui atteint 60 ans cette même année.

Afin de prendre en compte cette particularité qui représente 45,3 % des flux de liquidation dans la FPH et 6,3 % dans la FPT en 2019 (Caisse des dépôts, 2020), Canopée doit déterminer, à chaque période, si l'agent occupe un poste en catégorie active. Cette information est aussi implémentée sous la forme d'une matrice de transition simple nécessitant de modéliser deux types de probabilités. À la différence du temps partiel, ce processus dépend essentiellement du poste occupé : la probabilité ne doit donc être calculée et la catégorie active appliquée qu'après détermination du grade. Les probabilités sont donc :

- une probabilité de commencer sa carrière en catégorie active au moment de l'affiliation, fonction du grade et de l'âge ;
- une probabilité d'être en catégorie active à la période suivante conditionnellement au fait d'être déjà ou non en catégorie active, au sexe, au grade et au fait de rester ou non dans le même grade.

Ces probabilités ont également été estimées à partir des observations de l'année 2015.

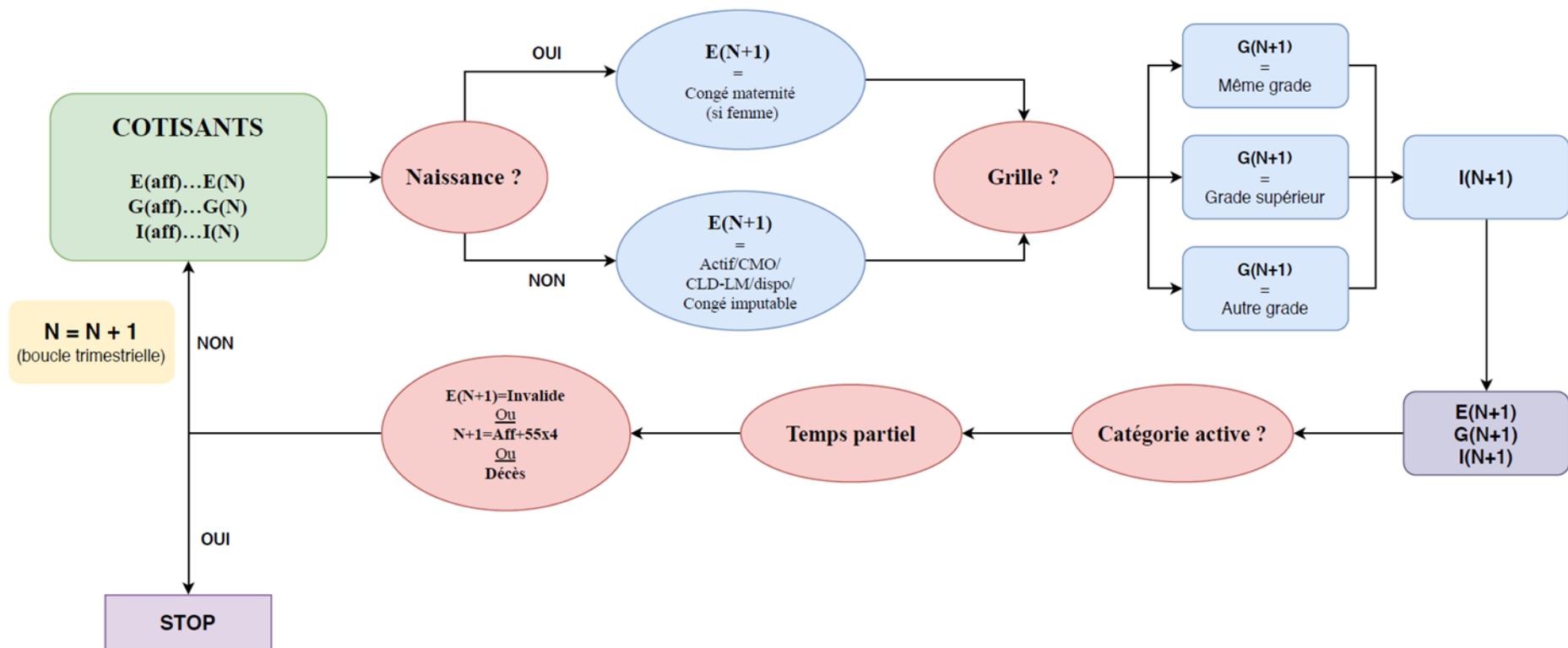
### 3.5. Schéma synthétique des biographies

$E(t)$  désigne l'état ou position statutaire au trimestre  $t$  (en activité, congé maladie, etc.)

$G(t)$  désigne le grade en  $t$

$I(t)$  désigne l'indice en  $t$

pour  $t =$  de l'affiliation à l'affiliation +  $55 \times 4$  (soit 55 années après l'affiliation et pour les 4 trimestres par an).



## 4. La liquidation des pensions

Une fois l'intégralité des biographies individuelles projetées, les étapes suivantes consistent à déterminer l'âge de départ à la retraite et le calcul de la pension correspondante.

En l'état actuel, Canopée postule que les individus liquident leurs droits lorsqu'ils ont atteint le taux plein en législation courante. Cette hypothèse conduit à un âge de départ dépendant des paramètres institutionnels (durée d'assurance et bornes d'âge pour la génération) mais indépendant du calcul proprement dit de la pension. De ce fait, les étapes successives sont :

- d'une part la recherche de l'âge du taux plein ;
- d'autre part, le calcul de la pension à cet âge.

### 4.1. Le départ au taux plein

Si l'individu n'est pas tombé en invalidité avant, il liquide ses droits lorsqu'il a la durée d'assurance requise ou, à défaut, à l'âge d'annulation de la décote (67 ans ou 62 ans pour les fonctionnaires relevant de la catégorie active).

Quatre types de départ, modélisés à un pas mensuel, peuvent être distingués :

- **en invalidité** : si l'âge d'invalidité intervient avant le taux plein, on calcule alors une pension d'invalidité avec ses règles spécifiques (pas de décote, éventuel seuil à 50 % pour le taux de liquidation, *etc.*) qui restera la pension de l'assuré jusqu'à son décès.
- **en carrière longue** : ce départ nécessite 4 ou 5 trimestres de cotisation avant l'âge de 20 ans selon le mois de naissance, en plus du critère de durée totale à vérifier. Les agents peuvent potentiellement partir à 58 ans (départs anticipés originels) mais surtout à partir de 60 ans (décret de 2012), âge à partir duquel les conditions sont moins draconiennes et où un agent a eu 2 ans de plus pour remplir les conditions de durée.
- **en catégorie active** : si l'individu a passé 17 années dans des emplois relevant de la catégorie active, il peut partir dès 57 ans et bénéficier de l'annulation de la décote dès 62 ans.
- **en catégorie sédentaire** (droit commun).

Compte tenu du module départ actuellement modélisé au taux plein strict, le nombre de trimestres est déterminant dans l'estimation de la date de départ, d'où la nécessité d'imputer les trimestres tout au long de la carrière de chaque assuré : trimestres avant l'affiliation, nombre de trimestres avant 20 ans, trimestres en lien avec l'activité dans le régime et, enfin, éventuels trimestres validés lors des périodes de disponibilité<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Lorsque la position statutaire est la disponibilité, une probabilité – estimée à partir des données inter régimes – de valider un trimestre dans un autre régime est appliquée.

### La réforme statutaire des infirmiers diplômés d'État

En 2010, les infirmiers diplômés d'État (IDE) ont fait l'objet d'une réforme statutaire (loi n°2010-751 du 5 juillet 2010 et décret n°2010-1139 du 29 septembre 2010 qui en fixe les modalités d'application).

Avant 2010, ils étaient considérés comme des fonctionnaires de catégorie active, et évoluaient sur des grilles indiciaires de catégorie B. S'ils cumulaient plus de 15 ans en catégorie active (ou 17 après relèvement de l'âge d'ouverture des droits consécutif à la réforme de 2010), ils pouvaient prétendre à un départ anticipé.

La réforme statutaire a mis fin à ce dispositif : les nouveaux infirmiers affiliés après 2010 sont automatiquement considérés comme sédentaires et s'inscrivent dans une législation de droit commun. En contrepartie, leurs grilles ont été requalifiées en catégorie A, donc avec de meilleures rémunérations. Les infirmiers en activité au moment de la réforme ont quant à eux eu le choix : conserver le bénéfice de la catégorie active en restant sur des grilles de catégorie B revalorisées, ou basculer en catégorie sédentaire en intégrant un corps de catégorie A (en conformité avec la réforme LMD – Licence-Master-Doctorat – de l'enseignement supérieur).

Cette réforme statutaire a conduit à modifier la structure par âge et par niveaux de rémunération des affiliés de la CNRACL et par conséquent son équilibre financier.

#### 4.2. Le calcul de la pension

Une fois l'âge de départ déterminé, la pension (vieillesse ou invalide) est calculée à partir de l'IM à la liquidation, la valeur courante du point fonction publique et la durée dans le régime (avec prise en compte de la quotité de travail réalisée au long de la carrière). La durée d'assurance, qui intervient lors de la détermination de l'âge de départ des agents, n'intervient plus à ce niveau. En effet, puisque les individus liquident au taux plein strict, il n'y a pas de décote ou de surcote à calculer.

Précisons cependant que les barèmes sont intégralement implémentés : les décote et surcote sont donc calculées par Canopée dans le cas d'un comportement de départ autre que le taux plein (par exemple à un âge fixé).

Le minimum garanti (MG) fait partie intégrante du calcul. Cependant, à très long terme, compte tenu de l'évolution du barème à législation inchangée (revalorisation du MG sur les prix), la plupart des pensions qui évoluent en partie comme le salaire moyen réel<sup>8</sup> se retrouvent au-dessus de ce seuil. *In fine*, en 2070 – horizon des projections pour le COR – la part des retraités au MG est résiduelle.

#### 4.3. Le décès et la réversion

L'assuré perçoit sa pension de droit direct jusqu'à la date de son décès. Celle-ci est modélisée en référence aux tables de mortalité de l'Insee, mais en l'adaptant à la population des fonctionnaires territoriaux et hospitaliers qui décèdent en moyenne plus tardivement que la moyenne nationale. La mortalité est différenciée selon le sexe, le fait de percevoir une pension vieillesse ou invalidité et enfin la catégorie hiérarchique. Pour plus de détails sur la méthodologie, voir Soulat (2017).

<sup>8</sup> Les pensions à la liquidation évoluent, toutes choses égales par ailleurs, comme la valeur du point de la fonction publique, laquelle est supposée bénéficier en partie des gains de pouvoir d'achat du SMPT.

Au décès de l'assuré, une probabilité de générer une réversion s'applique, différente selon que le décédé est un homme ou une femme. Une distribution d'écart d'âge est alors appliquée pour déduire l'âge du conjoint réversataire à cette date. Il(Elle) est supposé(e) percevoir la réversion (à un taux de 50 %) jusqu'à son décès. Ce dernier est déterminé conformément aux tables de mortalité de l'Insee, le conjoint étant supposé avoir une espérance de vie conforme à la moyenne nationale<sup>9</sup>.

#### 4.4. Le calcul des cotisations

Lorsque les dates de liquidation et de décès sont déterminées, il est possible de déterminer, à chaque période, quelle population constitue le stock d'actifs cotisants.

Les cotisations perçues par le régime peuvent alors être calculées, en considérant l'indice majoré de chaque agent, la valeur du point fonction publique courante ainsi que le taux de cotisation en vigueur.

## 5. Un outil d'analyse des retraites

La première finalité de Canopée est de projeter la situation du régime de retraite dans le futur, à législation donnée. Les projections de la CNRACL pour le COR ont ainsi été réalisées, dès 2019, en mobilisant Canopée : en juin 2019 (horizon 2070) et novembre 2019 (horizon 2030). Cette partie vise à illustrer le modèle Canopée par quelques grandeurs – démographiques ou financières – pouvant être mises en lumière à l'occasion d'un tel exercice.

### 5.1. Des analyses démographiques

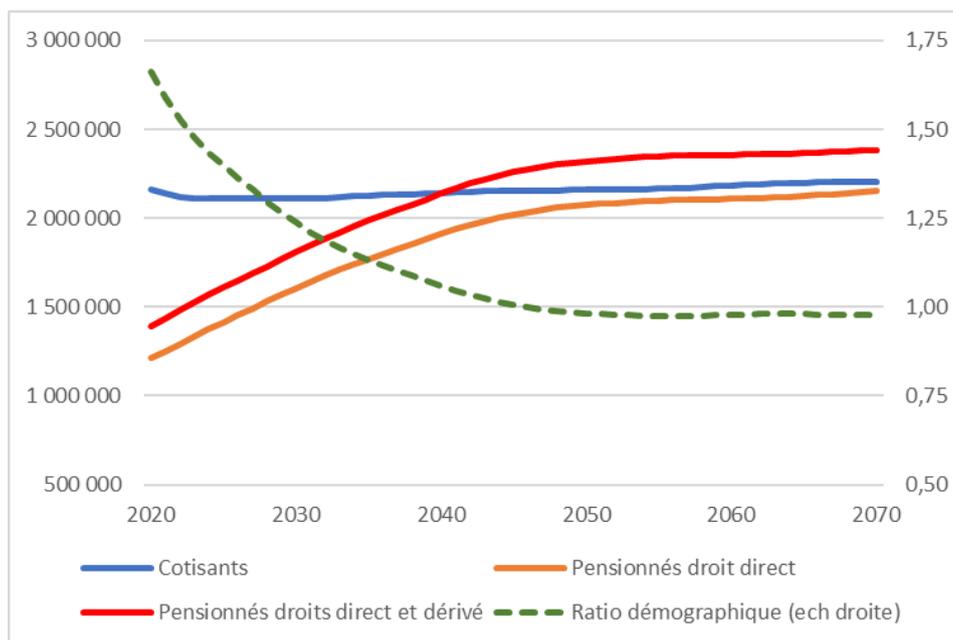
La démographie est le premier déterminant de la soutenabilité financière d'un régime de retraite. Sur la base des hypothèses d'évolution de l'emploi public fournies par le COR, Canopée mesure la dégradation future du ratio démographique du régime, qui rapporte les cotisants aux retraités (graphique 3). Cette dégradation provient en partie de la forte dynamique des pensionnés : elle est particulièrement prégnante à la CNRACL, qui voit arriver jusqu'en 2030 des cohortes nombreuses de retraités.

Le ratio démographique corrigé se stabiliserait autour de l'unité après 2050, une fois les effectifs globalement stabilisés à la fois pour les actifs (hypothèse exogène) et les pensionnés.

Cette évolution confirme des constats déjà réalisés à partir du modèle stock-flux de projection qui a précédé Canopée. En revanche, la microsimulation est particulièrement précieuse pour illustrer la diversité des cas possibles, notamment en termes de types de liquidations. C'est l'objet du graphique 4, qui présente l'évolution de la répartition des départs selon le motif (les quatre motifs étant listés au paragraphe 4.1.).

<sup>9</sup> Conditionnellement au fait d'être vivant à la date de décès de l'ayant droit.

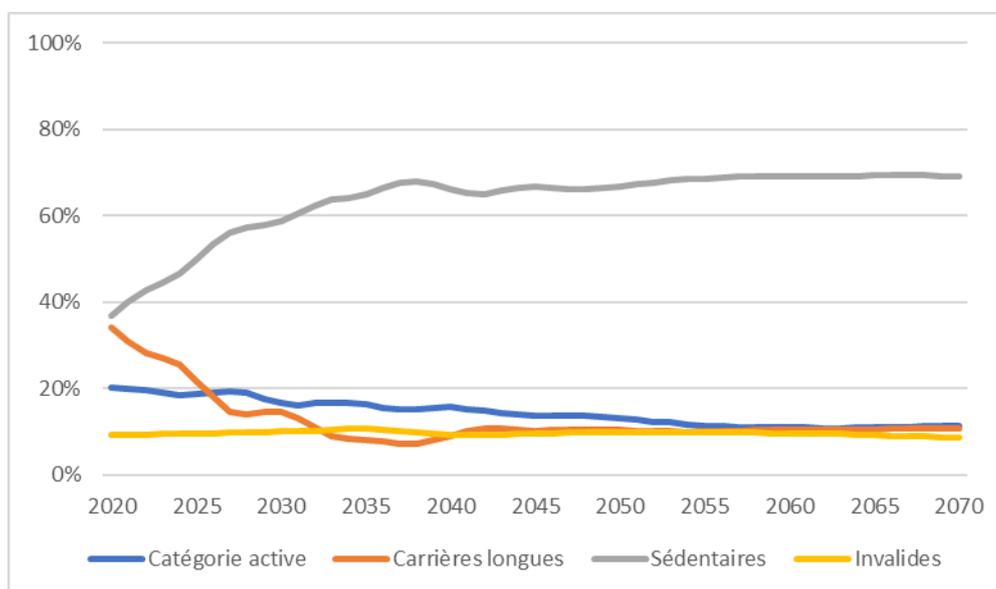
Graphique 3. Évolution du nombre de cotisants, du nombre de retraités et du ratio démographique corrigé de la CNRACL (projections COR de juin 2019).



Source : COR, projections juin 2019 avec Canopée.

Note : le ratio démographique corrigé est le rapport entre les cotisants et le total des retraités, c'est-à-dire les retraités de droit direct et les retraités de droits dérivés bénéficiant d'une pension de réversion, les retraités de droits dérivés étant pondérés par 0,5.

Graphique 4. Évolutions des motifs de départ par année de liquidation (projections COR juin 2019)



Source : COR, projections juin 2019 avec Canopée (moyenne mobile d'ordre 3).

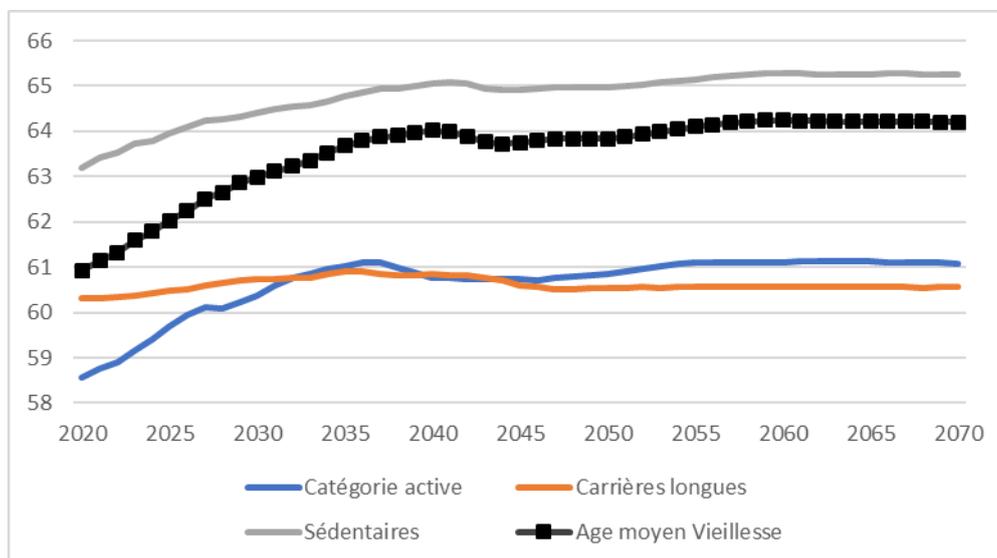
En projection, la part des départs au titre des carrières longues diminue. Ce constat s'explique par le fait que les deux conditions de durée (atteindre la durée requise avant 62 ans et avoir 4 ou 5 trimestres avant 20 ans) sont de moins en moins souvent vérifiées compte tenu de l'augmentation de l'âge de fin d'études et de la progression de la durée d'assurance requise pour annuler la décote par génération.

La part des départs en catégorie active diminue également, sous l'effet de la requalification du corps des infirmiers (voir encadré 3). Les départs au titre de l'invalidité demeurant stables, c'est *in fine* la part de départs sédentaires qui augmente fortement.

L'âge de départ à la retraite en projection tendrait par conséquent à augmenter, toujours sous l'hypothèse d'un départ au taux plein (graphique 5), et se stabiliserait après 2040 autour de 64 ans. Ce résultat est dû à trois facteurs principaux :

- (i) les mesures d'âge et de durée prises au fur et à mesure des différentes réformes des retraites (2003, 2010 et 2014) ;
- (ii) la progression de l'âge d'entrée dans la vie active entre les cohortes 1950 et 1980 qui reporte mécaniquement le départ ;
- (iii) la baisse des départs anticipés pour carrière longue et pour catégorie active.

Graphique 5. Évolutions de l'âge moyen de départ à la retraite par année de liquidation (projections COR novembre 2019)

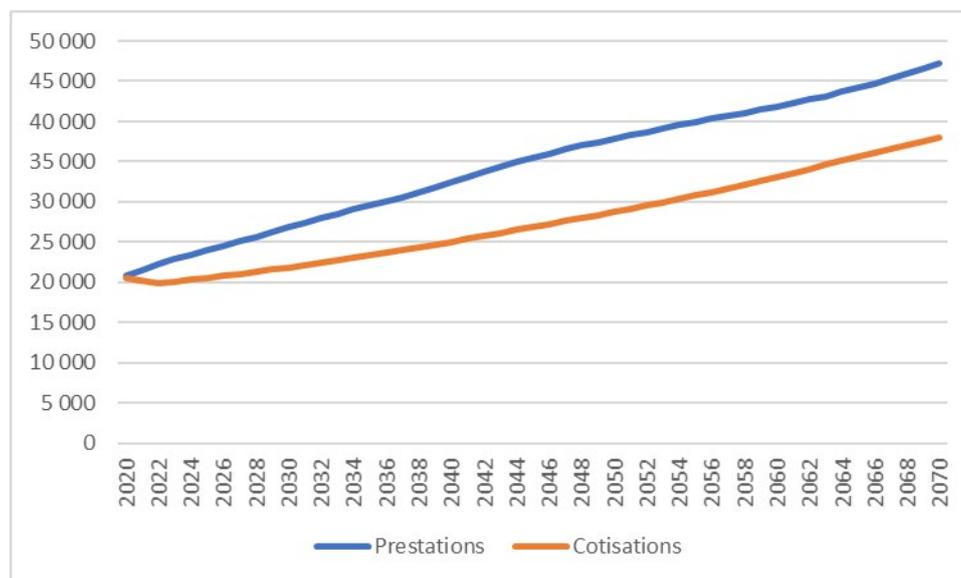


Source : COR, projections juin 2019 avec Canopée.

## 5.2. Des analyses financières

Les projections du COR conduisent à projeter les ressources du régime – qui sont dans leur quasi-totalité des cotisations – et ses dépenses – essentiellement le versement des prestations. Le graphique 6 présente l'évolution de ces deux grandeurs : les pensions évoluent plus dynamiquement, essentiellement sous l'effet démographique signalé précédemment.

Graphique 6. Évolution des cotisations reçues et des pensions versées par la CNRACL en M€ de 2018 (projections COR de juin 2019)



Source : COR, projections juin 2019 avec Canopée.

## 6. Les autres usages possibles : analyser la masse salariale publique

La partie 5 a permis d'illustrer l'un des usages de Canopée, en l'occurrence la projection financière d'un régime de retraite. Cette projection était déjà possible et réalisée grâce à un modèle stock-flux, mais, à l'instar de tout modèle de microsimulation dynamique sur les retraites, Canopée permet de modéliser plus finement l'impact de la non-linéarité des barèmes et d'apprécier l'hétérogénéité des situations.

Le choix structurant de la modélisation des grilles indiciaires permet une approche plus précise, sur le champ des fonctionnaires territoriaux et hospitaliers, non seulement des questions de retraite, mais aussi de masse salariale. Quels sont les déterminants de l'évolution de la masse salariale publique ? Comment la structure par sous-groupes de fonctionnaires évolue-t-elle : par corps, par catégorie hiérarchique, etc. ?

C'est précisément cette valeur ajoutée de Canopée que l'on se propose d'illustrer dans cette sixième partie.

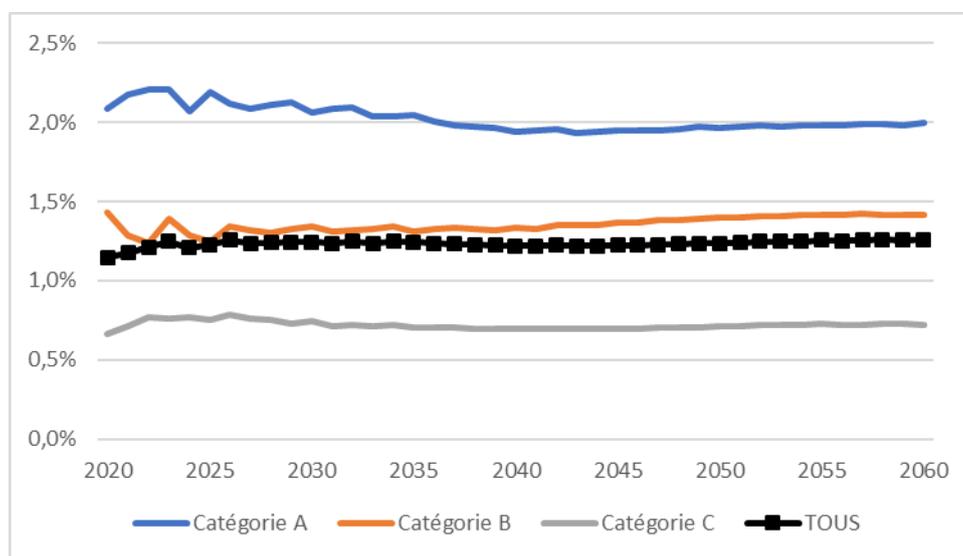
### 6.1. Les déterminants macro de l'évolution de la masse salariale publique

Canopée permet de mesurer en projection le glissement vieillesse technicité (GVT) et la rémunération moyenne des personnes en place (RMPP) comme indicateurs de la dynamique de la masse salariale publique (voir annexe pour plus de détails sur le GVT et la RMPP).

Ces mesures sont réalisées sous certaines hypothèses fixées conventionnellement : par défaut, aucune revalorisation de grilles ou déformation majeure de la structure de la population n'est prise en compte – à l'exception de la réforme des infirmiers, déjà instaurée. Par conséquent, le GVT est la somme de deux termes : la RMPP et l'effet entrants/sortants.

Tout d'abord, le graphique 7 présente la RMPP par catégorie hiérarchique. La dynamique de carrière augmente avec la catégorie hiérarchique : la RMPP annuelle moyenne est d'environ 2,0 % pour les agents de catégorie A, 1,4 % pour ceux de catégorie B et 0,7 % pour ceux de catégorie C. Tous agents confondus, l'IM moyen des présents/présents progresse annuellement de 1,3 % par an. Cette dynamique est stable dans le temps, aucune hypothèse particulière n'étant réalisée sur les déroulés de grilles ou probabilités de promotion entre grades. Pour déduire l'évolution moyenne du traitement perçu par les présents/présents, il faut ajouter l'évolution de la valeur du point fonction publique sous-jacente à la projection réalisée (productivité de 1 %, 1,3 %, 1,5 % ou 1,8 % en réel par exemple pour le COR). Si la valeur du point fonction publique croît de 1,3 % par an en réel, cela signifie que le traitement moyen d'un individu présent deux années successives croît de 2,6 % en réel : 3,3 % pour un agent de catégorie A, 2,7 % pour un agent de catégorie B et 2,0 % pour un agent de catégorie C.

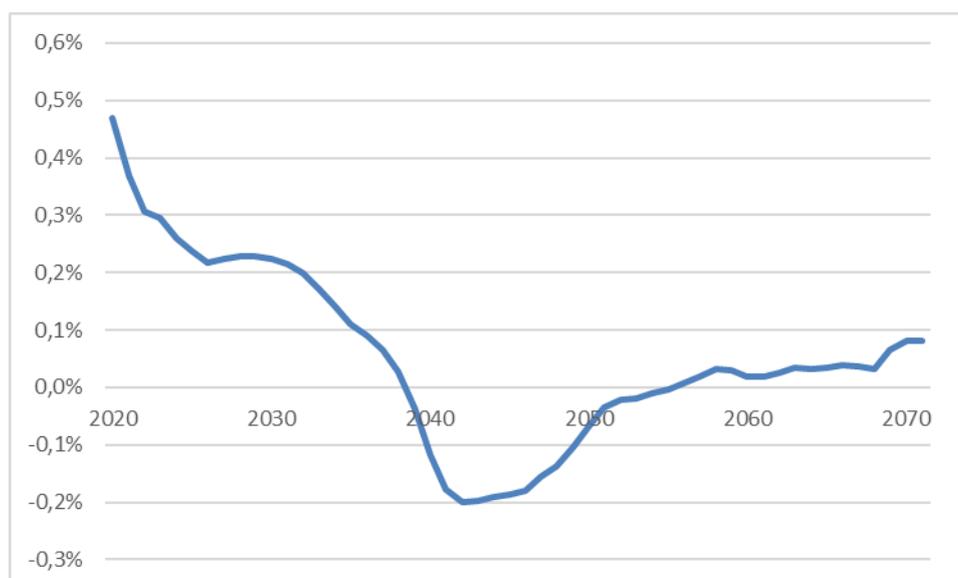
Graphique 7. RMPP par catégorie hiérarchique (projections COR de juin 2019)



Source : Canopée, projections COR de juin 2019.

Le graphique 8 présente quant à lui l'évolution du GVT à horizon 2070. À long terme, il est asymptotiquement nul : la population est quasiment stationnaire, les individus sont renouvelés dans des proportions rendant l'IM moyen stable.

Graphique 8. GVT par année (projections COR de juin 2019)

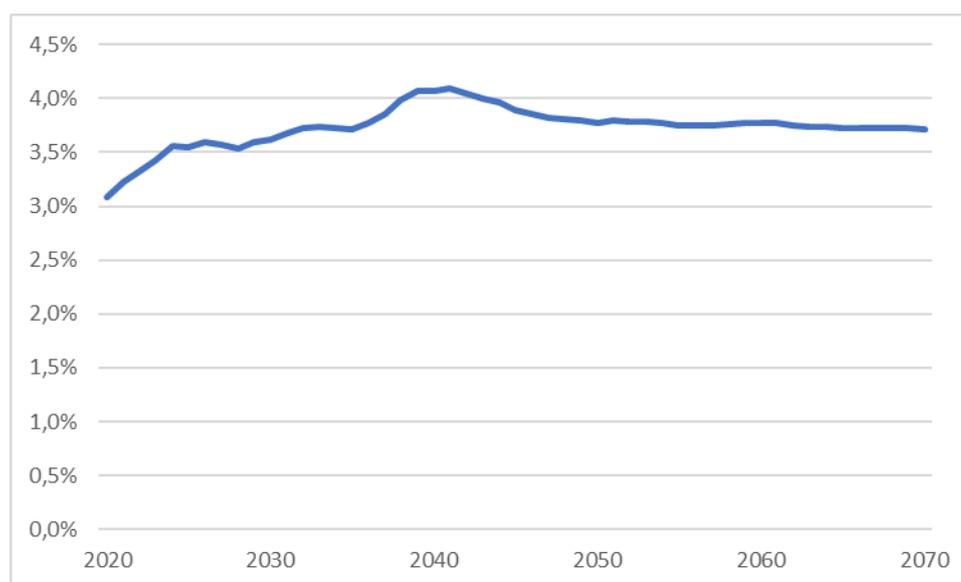


Source : Canopée, projections COR de juin 2019.

À court et à moyen termes, en revanche, le GVT évolue fortement : il est tout d'abord positif et assez important, puis il diminue progressivement.

Pour comprendre ces évolutions de GVT, il est nécessaire de mobiliser un nouvel indicateur : le taux de rotation. Cette grandeur, qui est la demi-somme des entrants et sortants rapportée au stock total, mesure le degré de renouvellement de la population chaque année. Plus elle est importante, et plus la population est renouvelée – par le départ de sortants ou l'arrivée de nouveaux entrants – et donc *in fine* plus l'IM tend à la baisse.

Graphique 9. Taux de rotation à la FPT/FPH par année (en %)



Source : Canopée.

Lecture : en 2040, plus de 4 % des cotisants ont été remplacés.

Le graphique 9 présente l'évolution de ce taux de rotation. Il est calculé dans les hypothèses de projection du COR de 2019. Les effectifs de cotisants suivent un sentier défini : les flux entrants compensant les sorties qui, elles, sont fonction de la structure de la population par âge et des âges de départ à la retraite.

Le taux de rotation est relativement faible à court terme : les flux de départs sont encore modérés et les recrutements sont présumés eux aussi peu dynamiques – il s'agit d'une hypothèse exogène relative à l'emploi public, fournie par la direction du budget pour les exercices de projection du COR pour les trajectoires de moyen et de long termes. Par conséquent, le GVT est positif à court terme.

Progressivement, des cohortes de plus en plus nombreuses partent à la retraite, ce que l'analyse démographique du régime a déjà mis en exergue (voir 5.1). Compte tenu des hypothèses de cotisants à atteindre, un volume plus ou moins importants de nouveaux affiliés peuplent le régime. Le taux de rotation augmente progressivement, ce qui diminue le GVT. Le maximum de taux de rotation est atteint en 2040, légèrement au-dessus de 4 % ; c'est donc à ce moment que le GVT est le plus faible (il serait même négatif).

## 6.2. Utiliser Canopée pour mesurer la diversité des rémunérations publiques

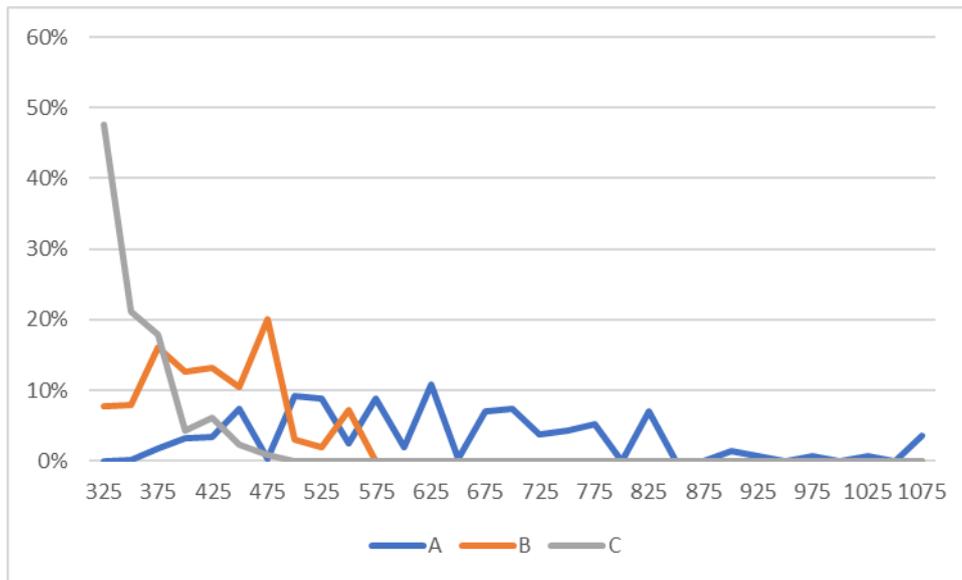
La modélisation au niveau individuel permet d'apprécier plus finement la diversité des situations en matière de retraite, mais également du point de vue de la rémunération.

En positionnant les individus dans des corps et les grilles indiciaires associés et en les distinguant de ce fait selon leur catégorie hiérarchique et leur filière d'appartenance, Canopée permet de modéliser les rémunérations en reproduisant au mieux l'hétérogénéité des traitements perçus et des règles statutaires en vigueur.

Les graphiques 10 et 11 présentent les distributions des IM perçus par les fonctionnaires territoriaux, selon leur catégorie hiérarchique, respectivement dans les filières technique (graphique 10) et administrative (graphique 11). La population a été sélectionnée en considérant les individus une année donnée, en l'occurrence en projection en 2040.

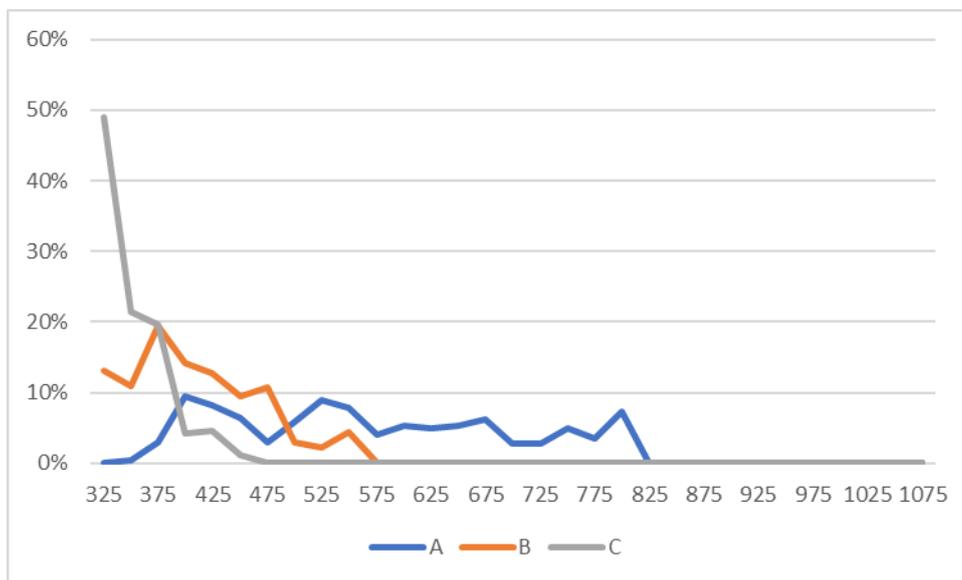
Les rémunérations sont d'autant plus dispersées que l'on considère des agents de catégorie hiérarchique élevée. La catégorie A comprend ainsi à la fois des agents d'encadrement en début de carrière – avec des IM proches voire inférieurs à 400 – et d'agents de catégorie hiérarchique A+ (ingénieurs territoriaux hors classe ou généraux, directeurs territoriaux ou, désormais, attachés hors classe, etc.) – dont les IM peuvent excéder 1 000. Cette grande variabilité des cas et des traitements rend d'autant plus précieuse une analyse fine et individuelle, au-delà de la seule moyenne.

Graphique 10. Distribution des IM en 2040 au sein de la filière technique de la FPT, par catégorie hiérarchique



Source : Canopée, projections COR de juin 2019.  
Lecture : le total est de 100 % pour chacune des trois courbes.

Graphique 11. Distribution des IM en 2040 au sein de la filière administrative de la FPT, par catégorie hiérarchique



Source : Canopée, projections COR de juin 2019.  
Lecture : le total est de 100 % pour chacune des trois courbes.

## 7. Conclusion : usages et perspectives

Les retraites ont fait l'objet de plusieurs réformes paramétriques qui ont complexifié les barèmes et ont rendu de plus en plus indispensables des approches par microsimulation. C'est notamment dans ce contexte que la Direction des retraites et de la solidarité de la Caisse des dépôts a développé Canopée : pour analyser les effets complexes des règles de retraite, en mesurer les redistributions et évaluer des réformes *ex ante*.

Toutefois, cet outil a également été conçu pour pouvoir s'inscrire dans des perspectives plus larges. La pension est, du moins en partie, le reflet des carrières passées. En matière de retraite publique, la connaissance des trajectoires de carrières – qui sont particulières car statutaires – est donc cruciale. Masse salariale publique et retraites publiques sont ainsi deux postes de dépenses publiques étroitement liés. En considérant les grilles de rémunération pour modéliser les carrières professionnelles, Canopée offre non seulement la possibilité d'effectuer des simulations en matière de retraites, mais permet aussi d'éclairer plus largement les impacts de réformes statutaires sur la masse salariale publique, la structure de la population, les dépenses de vieillesse. Les estimations peuvent également concerner des sous populations par corps, par catégorie hiérarchique, par catégorie d'employeurs...

Cette approche amène à adapter régulièrement le modèle aux évolutions de grilles et de corps. À ce titre, l'une des premières pistes d'amélioration en cours de réalisation consiste à prendre en compte les nouvelles grilles issues du protocole PPCR et adapter les équations de transition en conséquence. S'agissant toujours des grilles, deux nouvelles filières de la FPT, jusqu'ici assimilées à la filière Autre, vont être retenues : police municipale et sapeurs-pompier professionnels. Cet ajout s'explique par leurs spécificités – notamment la possibilité pour ces agents de liquider de manière anticipée au titre de la catégorie active.

Canopée a par ailleurs été développé dans un contexte de réforme systémique des retraites. S'agissant des fonctionnaires, ce contexte amène à mesurer plus finement l'impact du passage d'une pension liée au dernier traitement à la prise en compte de toute la carrière. À cet égard, la modélisation par grilles statutaires s'avère d'autant plus pertinente.

Le passage à un système en points modifie également substantiellement les concepts de « taux plein » en accordant un rôle différent à la durée d'assurance. Dès lors, la modélisation actuelle des départs doit être modifiée, elle aussi, pour pouvoir s'inscrire dans ce nouveau cadre. De nouvelles typologies de comportements, reposant sur des arbitrages financiers, vont ainsi être intégrées. Elles permettront de mesurer à la fois comment réagissent les agents aux changements de barèmes actuels (système paramétrique) et cible (système en points). Elles compléteront le module de calcul en points qui a été développé dans le cadre du système universel de retraite.

## Bibliographie

- Aubert, P. (2012), L'"effet horizon" : de quoi parle-t-on ?, *Revue française des affaires sociales*, n°2012/4, p. 41-51.
- Belliard, K. et I. Bridenne (2017), La couverture invalidité des fonctionnaires territoriaux et hospitaliers, *Questions retraite et solidarité – Les études*, n°18, avril 2017.
- Berteau-Rapin, C., P. Bernier et E. Denayrolles (2015), La modélisation des trajectoires professionnelles dans le modèle Prisme, *Économie et statistique*, n°481-482.
- Blanchet, D. (2014), La microsimulation dynamique : principes généraux et exemples en langage R, *Document de travail de la méthodologie statistique*, n°M2014/01, Insee.
- Blanchet, D. (2020), Des modèles de microsimulation dans un institut de statistique : pourquoi, comment, jusqu'où ? *Courrier des statistiques*, n°4 – 2020.
- Blanchet D., S. Buffeteau, E. Crenner et S. Le Minez (2010), Le modèle de microsimulation Destinie 2 : principales caractéristiques et premiers résultats, *Document de travail de la DESE*, n°G2010/13, Insee.
- Bridenne, I. (2013), Les retraités de la CNRACL, pensions perçues et parcours de cotisants, *Questions retraite et solidarité – Les études*, n°15, octobre 2013.
- Bridenne, I., S. Leroy et B. Buisson (2018), L'évolution de la retraite des fonctionnaires au fil des générations : entre effets de structure et effets réforme, *Questions retraite et solidarité – Les cahiers*, n°7, avril 2018.
- Buisson, B. (2020), Le modèle Pablo de microsimulation de la fonction publique de l'État, *note pour le COR*, document n°10 de la séance du 5 mars 2020.
- Caisse des dépôts (2020), *Recueil statistique de la CNRACL 2019*.
- Caisse des dépôts (2016), Indicateurs de suivi des départs à la retraite dans la fonction publique territoriale et hospitalière, *note pour le COR*, document n° 5 de la séance du 25 mai 2016.
- DSPR, CNAV (2020), Présentation du modèle Prisme, *note pour le COR*, document n°9 de la séance du 5 mars 2020.
- Dorin, C., A. Marino, S. Rabaté et L. Soulat (2020, à paraître), Évaluation de la réforme des infirmiers diplômés d'Etat sur les dynamiques de carrière et la retraite : une approche par microsimulation, *Questions retraite et solidarité – Les cahiers*.
- Hairault J.-O., F. Langot et T. Sopraseduth (2006), « Les effets à rebours de l'âge de la retraite sur le taux d'emploi des seniors », *Économie et Statistique*, n°397, p. 51-64.
- Henry, M. et L. Soulat (2018), Les fonctionnaires relevant de la catégorie active, une population en baisse, *Questions retraite et solidarité – Les études*, n°21, janvier 2018.
- Secrétariat général du Conseil d'orientation des retraites (2020), Les modèles français de microsimulation en matière de retraite, *document n°3* de la séance du 5 mars 2020.
- Soulat, L. (2017), Espérance de vie des fonctionnaires territoriaux et hospitaliers, *Questions retraite et solidarité - Les études*, n°19, juillet 2019.

## Annexe. Les concepts de glissement vieillesse technicité (GVT) et de rémunération moyenne des personnes en place (RMPP)

Canopée permet de mesurer finement l'évolution de la rémunération des fonctionnaires. Rappelons que le traitement indiciaire – qui n'est qu'une des composantes de la rémunération totale (le régime indemnitaire étant composé des primes) – est le produit de l'indice majoré (IM) et de la valeur du point fonction publique.

La progression du traitement moyen – assiette des cotisations qui sont les ressources du régime - renvoie donc approximativement à la somme de deux termes :

- l'évolution de la valeur du point fonction publique, qui renvoie à la politique générale de rémunération ;
- l'évolution de l'IM moyen.

Cette évolution de l'IM moyen, que l'on peut appeler GVT (glissement vieillesse technicité), rapporte l'IM moyen de tous les agents présents une année  $N+1$  à celui de tous ceux présents l'année  $N$ .

Une autre grandeur d'intérêt peut être considérée : la RMPP (rémunération moyenne des personnes en place). Elle mesure l'évolution de l'IM moyen des personnes présentes deux années successives (en  $N$  et en  $N+1$ ), donc en se restreignant à une sous-population de l'ensemble des agents présents-présents. Par rapport au GVT, les flux entrants (affiliés) et sortants (liquidations et décès) n'entrent pas en compte. L'effet flux étant négatif, la RMPP est plus élevée que le GVT.

Ces deux notions de GVT et RMPP sont liées mais ne renvoient pas au même concept. La RMPP reflète la trajectoire salariale individuelle moyenne (progression dans les grilles, les promotions).

Le GVT renseigne quant à lui sur l'évolution de l'assiette de cotisation du régime et est la résultante de deux types d'effets.

Le premier type comprend des effets de GVT positif qui affectent la RMPP :

- *l'évolution naturelle dans les grilles :*

L'IM d'un individu donné augmente naturellement lorsqu'il change d'échelon dans sa grille, et lorsqu'il change de grade (quand il est promu par exemple). La RMPP est essentiellement portée par cet effet structurel, qui joue également sur le GVT.

- *les mesures catégorielles et les refontes générales de grilles :*

Ce type de mesure revalorise la grille/l'indice de certaines populations spécifiques. Il peut s'agir de réformes de grilles (refontes des grilles de catégorie C, droit d'options pour certains corps, etc.) voire de mesures plus larges telles que le protocole PPCR modifiant un très grand nombre de grilles.

Le second comprend des effets positifs et négatifs de GVT mais n'affectant pas – ou peu – la RMPP.

- *les flux d'entrées/sorties :*

Chaque année, des cohortes d'assurés partent à la retraite. Étant plus âgés, ils sont positionnés en général à des niveaux d'IM plus élevés que la moyenne : leur départ fait donc baisser l'IM moyen. Dans le même temps, de nouveaux individus sont recrutés, à des IM

moindres car positionnés en début de grilles. Selon l'ampleur de ces recrutements, l'IM moyen va encore baisser davantage.

Les réformes des retraites, en décalant l'âge de départ effectif et en maintenant les seniors en emploi plus longtemps, modifient de surcroît ces flux et donc la structure par âge<sup>10</sup>. Le maintien de ces individus tend quant à lui à augmenter l'IM moyen.

- *la déformation de la structure par catégorie :*

D'année en année, la structure de la population des agents publics se déforme, notamment en lien avec une hausse générale et tendancielle des qualifications. Celle-ci se traduit par le recrutement de davantage d'agents de catégorie A qui augmente mécaniquement l'IM moyen (pour plus de détails sur les mesures des évolutions de la structure des fonctionnaires par catégorie hiérarchique, voir notamment Caisse des dépôts (2016), ou Bridenne, Leroy et Buisson (2018)).

---

<sup>10</sup> Cet effet n'est pas totalement neutre sur la RMPP. En outre, l'augmentation des âges d'affiliation (à l'entrée) contribue également à déformer la structure par âge des actifs, mais sans se traduire nécessairement par une hausse d'IM moyen puisque les gens démarrent au même échelon, mais plus tardivement.



Les collections **Questions retraite et solidarité** : **QRS – Les cahiers**, **QRS – Les études** et **QRS – Les brèves**

*Questions retraite et solidarité - Les cahiers* est une série de documents de travail publiée par la direction des retraites et de la solidarité de la Caisse des Dépôts. Cette collection a vocation à faire connaître des études approfondies dans les domaines de la retraite, du vieillissement, de la protection sociale et de la formation professionnelle. Elle complète *QRS – Les études* qui reprend les résultats d'études et *QRS – Les brèves* qui propose des éclairages statistiques réalisés dans ces domaines. L'ensemble des numéros est disponible sur le site <https://retraitesolidarite.caissedesdepots.fr/> à la rubrique **Études et événements**.

[retraitesolidarite.caissedesdepots.fr](https://retraitesolidarite.caissedesdepots.fr)

Consultez les publications ou abonnez-vous à leur diffusion sur le site : [retraitesolidarite.caissedesdepots.fr](https://retraitesolidarite.caissedesdepots.fr) à la rubrique Études

Une publication de la direction des retraites et de la solidarité de la Caisse des Dépôts  
Directeur de la publication : Michel Yahiel – Rédacteur en chef : Laurent Soulat  
Impression : Imprimerie CDC (75) – Dépôt légal : 4e trimestre 2020 – ISSN : 2425-9977  
Contact : [etudesdrs@caissedesdepots.fr](mailto:etudesdrs@caissedesdepots.fr) – 12, avenue Pierre Mendès-France – 75914 Paris cedex 13

**Ensemble,  
faisons grandir  
la France**

[caissedesdepots.fr](https://caissedesdepots.fr)

