CONSEIL D'ORIENTATION DES RETRAITES

Séance plénière du 5 mars 2020 à 9h30

« Point sur les modèles de microsimulation »

Document N° 11

Document de travail,
n'engage pas le Conseil

Le modèle CANOPEE pour la FPT et la FPH

Direction Retraites et Solidarité, Caisse des Dépôts

Point sur les modèles de microsimulation

Le modèle CANOPEE pour la FPT et la FPH

Document pour le Conseil d'orientation des retraites

Groupe de travail du 27 février 2020





Introduction

Ce document présente le modèle de microsimulation Canopée (Comprendre et Analyser : Outil de Projection et d'Études Économiques). Ce modèle a été développé par la Direction des retraites et de la solidarité de la Caisse des dépôts pour projeter la situation financière et démographique de la CNRACL (Caisse nationale de retraites des agents des collectivités locales).

Cet outil simule les trajectoires de carrière et la retraite des fonctionnaires territoriaux et hospitaliers (FPT et FPH). Il a notamment été utilisé pour réaliser les projections financières du régime lors des exercices du COR de juin et novembre 2019.

La première partie du document est une présentation générale du modèle.

La deuxième partie entre davantage dans le détail en présentant l'architecture globale de Canopée et les sources de données utiles à sa construction.

Les différents modules qui composent le modèle sont décrits dans une troisième partie.

Une quatrième partie présente divers contrôles opérés en sortie du modèle.

Enfin, la cinquième et dernière partie illustre l'utilisation de Canopée sur la base d'un cas précis : la réforme statutaire des infirmiers de 2010.



Sommaire

Présentation générale du modèle	4
Sources et architecture du modèle	6
Deux étapes successives : carrière puis retraite	7
Les sources utilisées	8
Description des différents modules	9
Les biographies individuelles	9
La liquidation des pensions	16
Contrôles de cohérence en sortie du modèle	18
Les dynamiques de carrière : mesure de la RMPP	18
L'évolution des âges et conditions de départ	19
Un cas d'usage du modèle : la réforme des infirmiers	21
Le dispositif	21
Évaluer cette réforme à partir de Canopée	21
Conclusion : prolongements et améliorations envisagées	24

1 Présentation générale du modèle

En 2019, la Caisse nationale de retraite des agents des collectivités locales (CNRACL) gère environ 2,2 millions de cotisants (1,4 millions à la FPT et 0,8 million à la FPH) et 1,4 million de pensionnés (0,8 million à la FPT et 0,6 million à la FPH). La population qui est affiliée à ce régime est très diversifiée, à différents points de vue.

Les situations recouvrent une diversité de métiers.

Sont affiliés à la fois les fonctionnaires territoriaux et hospitaliers. Au sein d'un même versant, les emplois recouvrent également des disparités de situation puisque l'on dénombre 8 filières d'emplois dans le versant territorial (filières administrative, animation, culturelle, incendie-secours, médico-social, police, sportive et technique) et 5 types de personnels dans le versant hospitalier (les personnels des services de soins, administratifs et de direction, éducatifs et sociaux, médico-techniques et les personnels techniques et ouvriers).

- Les situations recouvrent une diversité de catégories hiérarchiques.

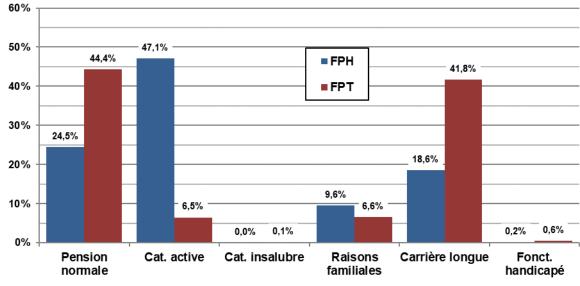
Si les fonctionnaires de catégorie C sont sur-représentés au sein de la FPT (ils représentent 75 % des agents), la FPH se caractérise par une répartition plus partagée (27 % d'agents de catégorie A, 22 % de B et 51 % de C). Cette répartition n'est pas neutre sur le niveau de pension et, par exemple, l'éligibilité aux minima de pension.

- Les situations recouvrent une diversité de durées de services.

La CNRACL se caractérise par une part importante de polypensionnés. Les assurés sont affiliés à des âges très divers, de 20 à plus de 40 ans. Parmi les nouveaux retraités du risque vieillesse ayant liquidé leurs droits en 2019, 10 % ont cotisé moins de 14,1 ans, 10 % plus de 41,7 ans, et la médiane se situe à 34,7 ans. En conséquence, 10 % perçoivent une pension inférieure à 450 € tandis que 10 % perçoivent une pension supérieure à 2 200 €.

- Les situations recouvrent une diversité d'âges de départ à la retraite.

En 2018, 47 % des nouveaux liquidants de droit direct vieillesse à la FPH ont bénéficié d'un départ anticipé au titre de la catégorie active (graphique 1). Leur part est moins élevée à la FPT (7 %). Cette spécificité a des conséquences importantes sur la distribution des âges de liquidation.



Graphique 1. Répartition des départs par motif en 2018 (risque vieillesse)

Source: recueil statistique CNRACL 2018

Champ : pensionnés de droit direct vieillesse ayant liquidé en 2018

Cette diversité de cas reflète la multitude de comportements possibles au regard du départ à la retraite et des niveaux de pension. Compte tenu, par ailleurs, de la complexification des barèmes de retraite et des multiples non-linéarités du système actuel, il est de plus en plus délicat de considérer des comportements moyens pour modéliser la situation du régime et des affiliés.

En conséquence, la Direction des retraites et de la solidarité de la Caisse des dépôts a développé Canopée (Comprendre et Analyser : Outil de Projection et d'Études Économiques) pour partie dans le cadre d'un partenariat avec la CNRACL et l'Institut des Politiques Publiques (IPP). En raisonnant au niveau de l'individu, ce modèle permet de considérer les multiplicités de situations possibles et de réaliser des analyses en termes de redistribution. Outre les projections financières réalisées pour évaluer l'évolution des dépenses de pension dans la règlementation actuelle, ce modèle de microsimulation peut également être utilisé pour évaluer les impacts de réformes *ex-ante*.

Si cette approche de microsimulation est usuelle en matière de retraite, le modèle Canopée présente une particularité en lien avec la population considérée. Les déroulés de carrière des fonctionnaires sont en effet régis par des grilles de rémunération et des cadres d'emplois spécifiques. Cette logique a une incidence sur les trajectoires des individus et leurs droits à retraite. Le choix a été fait de reproduire cette logique au plus près. De ce fait, Canopée répartit la population en différentes typologies renvoyant aux cadres d'emplois des fonctions publiques territoriale et hospitalière. Ce degré d'analyse permet donc de réaliser des études propres à tel ou tel cadre d'emploi : les infirmiers, les aides-soignants, les adjoints techniques, les attachés territoriaux, etc.

Grâce à cette modélisation, l'utilisation de Canopée va bien au-delà de l'évaluation et 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 propre à la fonction publique du point de vue de l'employeur (quel indice de rémunération?), de l'agent (quelle nouvelle grille est applicable?), et du régime (quelles conséquences immédiates sur les cotisations et futures et sur les dépenses?).

Sources et architecture du modèle

Que les projections soient réalisées à législation inchangée ou dans une règlementation contrefactuelle pour évaluer les impacts d'une réforme, Canopée doit comprendre un nombre important d'informations essentielles pour le calcul des pensions et cotisations du régime.

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 entre-t-il dans la fonction publique ? Quel est son traitement et donc la cotisation versée ? Quel sera son traitement de fin de carrière et donc la pension perçue ?

Dans le passé, ces informations sont 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, puis de leur déterminer une date de départ à la retraite;
- de déterminer la date de décès de chacun des retraités, qu'ils soient déjà dans le stock de pensionnés ou qu'ils viennent peupler cette population à l'avenir ;
- de faire entrer de nouveaux affiliés dans le futur et, pour eux, de simuler l'intégralité de leur vie 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 – qui a vocation à être actualisé à intervalles réguliers – est actuellement défini au 31/12/2016. Dès 2020, une actualisation va être réalisée 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.

Pour pouvoir calculer à chaque période les cotisations acquittées et les pensions versées aux individus, la biographie complète des individus doit être disponible. Il s'agit en premier lieu des informations de carrière : périodes d'activité, de maladie, de congé maternité, niveaux de rémunérations, etc. Une biographie individuelle et familiale est également nécessaire : combien d'enfants ? À quel moment ? Quand l'assuré va-t-il décéder et éventuellement générer une réversion ?

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.



Du point de vue du régime de retraite, la biographie de chaque affilié se scinde en deux périodes :

- celle durant laquelle il est un cotisant (et verse donc des ressources);
- et celle durant laquelle il devient pensionné (et reçoit des dépenses du régime).

La constitution de la carrière pose donc la question de l'articulation entre ces deux périodes.

Deux approches sont possibles.

La première approche consiste à projeter carrière et retraite dans une seule et même étape. Dans ce cas, dès l'âge d'ouverture de ses droits à retraite, l'agent peut poursuivre son activité ou liquider sa pension, ce qui implique de combiner décision de départ et poursuite de l'activité. Ce choix est plus spécifiquement approprié lorsque les comportements d'activité sont euxmêmes dépendants de la législation retraite et notamment plus précisément quand cette dernière rétroagit sur l'activité. Cet effet, dit effet horizon, renvoie par exemple au fait qu'un relèvement des âges de départ à la retraite influe sur les taux d'activité en fin de période. Deux mécanismes peuvent être à l'œuvre : soit à travers l'offre de travail – les agents décident de se retirer du marché du travail à une certaine distance de leur âge de départ – soit à travers la demande de travail – les choix d'investissement en capital humain dépendent de l'horizon d'emploi des agents.

La seconde consiste à scinder totalement les deux étapes. Plus précisément, il s'agit dans un premier temps de projeter les biographies de carrière jusqu'aux âges les plus élevés de départ possibles, par exemple 70 ans. La deuxième étape, qui se déroule une fois la première implémentée, consiste à déterminer l'âge de départ. Ce choix interdit toute rétroaction 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 moins fréquents que dans le secteur privé.

C'est finalement cette seconde approche qui a été retenue.

Elle présente un net avantage pratique en termes de temps de calcul. Les projections de carrière ne doivent être regénérées que lorsque le scénario modifie directement l'activité. Les diverses projections de réformes n'amènent alors qu'à solliciter les modules « départ » et « calcul » de la retraite (voir parties suivantes).



Les sources utilisées

La plupart des données utilisées sont issues des données de gestion de la CNRACL et notamment des Comptes Individuels Retraite (CIR). Cette donnée, très riche, permet à la fois de synthétiser les données de carrière observées – postes occupés, rémunération, quotité de travail, etc. – et de réaliser les modélisations nécessaires pour réaliser les projections dans le futur.

La plupart des affiliés de la CNRACL entrent à la fonction publique à des âges pouvant être tardifs – après une activité dans le secteur privé notamment. La part de polypensionnés est donc importante, certains percevant une pension autres régimes représentant une part importante dans l'ensemble de leur pension. Il est donc nécessaire de compléter les données de carrière par les informations 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 du droit à l'information (DAI).

Description des différents modules

Comme expliqué dans la partie précédente, Canopée repose sur deux phases successives, ici décrites plus en détail :

- la génération des biographies individuelles,
- la liquidation des pensions.



Les biographies individuelles

Pour chaque individu composant la population, constituer la biographie individuelle s'articule en trois étapes :

- la première consiste à l'affilier au régime en déterminant ses caractéristiques au moment du début de sa carrière de titulaire,
- ensuite, il convient de définir sa situation à chaque trimestre au regard de l'emploi : en activité, en disponibilité, en maladie, etc.
- enfin, la dernière étape consiste à lui attribuer des rémunérations pour les périodes d'activité.

À ces trois étapes s'ajoutent d'autres informations de carrière connexes – catégorie active et quotité de travail – qui doivent également être imputées.

Dans le cas d'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 observées. Il s'agit cependant de prolonger cette carrière à partir du dernier point connu.

L'affiliation

Le premier évènement de la vie professionnelle d'un agent renvoie à son affiliation, c'est-àdire le moment où il intègre la fonction publique. Si c'est le premier évènement au sens de sa carrière publique, il ne s'agit en revanche pas toujours du début de sa carrière professionnelle : à ce moment, il a dans la plupart des cas déjà acquis des droits à pension, mais dans d'autres régimes.

Ces informations sont nécessaires et doivent être imputées, car elles pourront affecter son comportement de départ à la retraite. En effet, un agent ayant validé beaucoup de trimestres avant d'être affilié atteindra plus tôt le taux plein et pourra donc partir plus tôt à la retraite.

À chaque période dans le futur (en l'occurrence chaque trimestre), la population est complétée par de nouveaux affiliés. Pour chaque versant, un nombre donné d'individus entre dans le régime. Ils sont répartis par sexe, grade, échelon et âge¹ conformément à la structure des flux entrants de 2014, 2015 et 2016. Ce choix correspond donc par défaut à une structure assez stable de la population. Il peut être adapté selon les hypothèses que l'on se fixe de façon exogène d'évolution de la structure de la population des fonctionnaires territoriaux et hospitaliers.

Pour chaque individu affilié, un nombre de trimestres validé avant affiliation est imputé – dépendant notamment de son âge d'entrée dans la fonction publique.

En outre, il convient de disposer d'informations plus précises pour savoir quels individus seront éligibles au départ anticipé pour carrière longue. Le nombre de trimestres avant 20 ans est donc imputé – il est fonction de l'âge d'affiliation et du nombre de trimestres acquis avant affiliation.

Enfin, un nombre d'enfants avant affiliation est attribué à chaque agent. Il est déterminé à partir du panel DADS-EDP selon une distribution calculée par âge et sexe pour chaque sous-population constituée par un versant (FPT ou FPH) et une catégorie hiérarchique donnés. Ces estimations ont été réalisées par l'Institut des politiques publiques.

Les positions d'activité

À chaque trimestre, la biographie de carrière d'un individu doit comprendre la position d'activité au regard de la fonction publique. Cette position peut prendre différentes valeurs. Elles ont été regroupées en huit modalités distinctes :

- activité (position prépondérante),
- congé maladie ordinaire,
- congé maladie imputable²,
- congé longue durée / Congé longue maladie / Disponibilité pour maladie,
- congé maternité,
- congé parental,
- disponibilité (cas d'un individu qui se met en congé de l'administration),
- invalidité.

¹ Les précisions sur les informations grade et échelon sont explicitées plus loin.

² Le traitement perçu diffère entre un congé maladie ordinaire (intégralité pendant 3 mois puis mi-traitement durant 9 mois) et un congé maladie imputable (intégralité du traitement).

L'individu commence sa carrière en position d'activité lors de l'affiliation. Pour un individu déjà dans le stock de cotisants, il s'agit de prolonger sa trajectoire au-delà de la position connue au quatrième trimestre 2016.

Chaque individu poursuit sa trajectoire selon des probabilités de transition déterminées au niveau de la sous-population à laquelle il appartient. La sous-population est le croisement suivant : sexe, versant, tranche d'âge et position statutaire de départ.

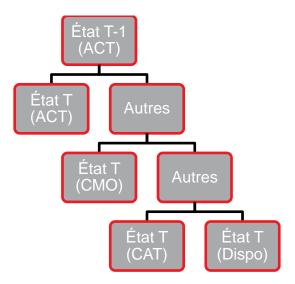
Ces équations sont estimées avec les variables explicatives suivantes : âge, âge d'affiliation en tranche, catégorie hiérarchique (A ou B *versus* C), présence d'un enfant de moins de 3 ans, nombre de jours maladie, cumul de durée en disponibilité, cumul de durée ininterrompue dans l'état en cours (variable de mémoire).

Les transitions sont réalisées sous la forme d'équations logistiques séquentielles : successivement, plusieurs alternatives sont testées pour qu'un individu choisisse entre un état et le reste – c'est-à-dire tous les autres états possibles. 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 au sein de la sous-population considérée.

Un exemple est présenté au graphique 2 : il s'agit des transitions pour les femmes de la FPT de moins de 35 ans qui sont en activité.

La première équation modélise la probabilité de rester en activité. La seconde modélise la probabilité d'entrer en congé maladie ordinaire conditionnellement au fait de ne pas être en activité, etc.

Graphique 2. Logits séquentiels pour une position d'activité en T-1 pour les femmes de la FPT de moins de 35 ans.



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

Deux positions statutaires doivent cependant être traitées spécifiquement : l'invalidité et le congé maternité.

Dans la réglementation actuelle de la fonction publique, un agent perçoit une pension dès qu'il tombe en invalidité. Cette pension fera également office de pension vieillesse jusqu'au décès. La particularité de cet état « absorbant » conduit à ne pas déterminer d'état de sortie ; il est en revanche nécessaire d'estimer des probabilités d'entrée en invalidité. Celles-ci sont appliquées trimestriellement, grâce à des fonctions de hasard³ réalisées sur les observations de 2016 et déclinées par sexe et versant. Ces probabilités augmentent avec le cumul de temps passé dans les états maladie.

Outre ces trajectoires d'activité, les natalités sont également simulées à chaque période. Le cas échéant, un agent voit alors son nombre d'enfants incrémenté. Cette étape a un impact sur les droits à pension – majoration de durée d'assurance, majoration pour 3 enfants et plus – mais également sur la trajectoire de carrière. Si l'agent est une femme, cet évènement 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 logits séquentiels comme pour n'importe quelle position statutaire.

Les rémunérations

La logique de grilles dans la fonction publique

Une fois les positions statutaires déterminées, il faut attribuer des rémunérations à chaque position d'activité. Dans la fonction publique, elles obéissent à une logique statutaire spécifique.

Outre la répartition des métiers en filières explicitée en première partie, les postes au sein de la fonction publique sont classés en catégories hiérarchiques, selon les niveaux de responsabilité et de rémunération :

- 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 le corps d'adjoints techniques territoriaux de catégorie C. Ce corps est retenu à titre d'exemple dans l'encadré ci-après.

Enfin, un corps est composé de plusieurs grades : le grade d'adjoint technique, le grade d'adjoint technique principal de 2ème classe et enfin celui d'adjoint technique principal de 1ème classe par exemple, s'agissant du corps des adjoints techniques. Les grades peuvent être représentés sous forme de grilles dans lesquelles les agents évoluent (voir encadré). Chaque grille comprend plusieurs échelons que les agents franchissent au fur et à mesure de leur ancienneté. À chaque échelon est associé un indice brut (IB).

À chaque période, trois cas sont possibles pour chaque agent :

³ En modèle de durée, la fonction de hasard représente la probabilité, qu'à un instant t, l'évènement modélisé se produise. En l'occurrence, l'évènement est « tomber en invalidité ».

- Il reste dans son grade d'appartenance, sans mouvement ni promotion. Il peut éventuellement franchir un échelon selon son ancienneté.
- Il est promu au grade supérieur de son corps d'appartenance. Cette situation renvoie à une promotion au sein du corps, elle ne permet cependant pas de changer de catégorie hiérarchique.
- Il passe à un autre grade. Cette situation est celle d'un changement plus important de trajectoire professionnelle et éventuellement de promotion vers une catégorie hiérarchique supérieure.

Lorsqu'il change de grade (deux dernières possibilités), l'agent doit être repositionné dans sa nouvelle grille. Il est repositionné sur l'échelon dont l'indice brut (IB) est immédiatement supérieur à celui qu'il occupait avant – afin d'assurer que le traitement de l'agent augmente 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 cet 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), on obtient le traitement brut, qui est l'assiette de cotisation et sera – s'agissant du traitement des 6 derniers mois de carrière – le salaire de référence retenu pour le calcul de la pension.

Encadré : le cadre d'emploi des adjoints techniques de la FPT

Le corps d'adjoints techniques comprend trois grades :

- le grade d'adjoint technique, comprenant 11 échelons.
- le grade d'adjoint technique principal de 2^e classe, comprenant 12 échelons,
- le grade d'adjoint technique principal de 1^e 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	

 $\hbox{Grade d'adjoint technique principal de 2\`eme clas} \hbox{Grade d'adjoint technique principal de 1\`ere c}$

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	

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, avec l'IM 338. La valeur du point fonction publique étant de 4,6861 € par mois, il perçoit un traitement brut de : 338 x 4,6861 = 1 589 €.

Possibilité 1 : il est promu au grade supérieur, celui d'adjoint technique principal de 2^e 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^e échelon de sa nouvelle grille (IB 374 et IM 345). Il perçoit alors un traitement brut de : $345 \times 4,6861 = 1 616 \in$.

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

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 régime⁴. Elles sont imputées *via* des taux moyens par grade fournis par la DGAFP.

Canopée a été implémenté en reproduisant cette règlementation le plus fidèlement possible : les individus évoluent sur des grilles et se voient affecter un IM puis, à valeur du point fonction publique donnée, un traitement.

L'implémentation dans Canopée

Des hypothèses simplificatrices ont cependant dû être effectuées, eu égard notamment au nombre important de cadres d'emploi.

Seul un nombre limité de grades ont été retenus, en considérant les filières concentrant une grande majorité des effectifs : deux à la FPT (filières technique et administrative) et deux à la FPH (filières soins et administrative). Les deux tiers des effectifs sont ainsi suivis précisément dans diverses grilles de catégorie A, B et C.

Le tiers restant de la population est dans le périmètre d'analyse de Canopée afin de disposer d'une base exhaustive, mais avec un degré de précision moindre. Pour chaque versant, les filières non considérées sont regroupées dans une filière « Autre », laquelle comprend des grades jugés représentatifs pour chaque catégorie A, B et C.

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

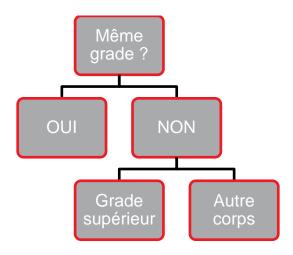
Remarque: les grilles indiciaires sont l'objet de requalifications, simplifications, harmonisations ou revalorisations ciblées. Les grilles retenues dans Canopée fin 2019 sont celles prévalant en 2015, les estimations ayant été effectuées sur la base des observations entre 2010 et 2016. Les modifications induites par le protocole PPCR (Parcours Professionnels Carrières et Rémunérations) par exemple ne sont pas encore prises en compte. Elles le seront à l'occasion des travaux d'amélioration et d'approfondissement prévus (voir conclusion).

Dans Canopée, à chaque trimestre durant lequel l'individu est actif dans la fonction publique, il faut décider laquelle des trois trajectoires de carrière explicitées ci-avant lui sera appliquée.

Ces alternatives sont modélisées sous la forme de deux équations logistiques séquentielles (graphique 3). La première équation modélise l'évènement « sortie du grade » vs « rester dans le même grade ». Conditionnellement au fait de sortir du grade, la seconde équation modélise quant à elle l'évènement « grade supérieur » vs « autre grade ». Pour les grades supérieurs de chaque corps (sans possibilité de promotion au sein du corps), l'arbre n'a qu'un seul nœud : rester dans le même grade ou évoluer dans un autre corps.

⁴ 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).

Graphique 3. Modélisation des changements de grades dans Canopée



Les conditions de promotion étant spécifiques pour chaque grade, les estimations de chacune des deux équations sont effectuées grade par grade.

Les observations de 2010 à 2016 ont permis de réaliser ces estimations, dont les variables explicatives sont tout d'abord le sexe et la tranche d'âge. Enfin, les agents ne peuvent être promus au grade supérieur que s'ils vérifient certaines conditions d'ancienneté. 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.

Les autres informations utiles : temps partiel et catégorie active

Une part des agents exerce son emploi à temps partiel. Cette quotité de travail a un impact sur les ressources du régime (puisque les cotisations sont versées à due proportion, hors surcotisation), et 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 une quotité de 80 %, car il s'agit de la modalité principale d'exercice à temps partiel). Cette information est implémentée sous la forme d'un processus markovien simple⁵ intégrant :

- Une probabilité de temps partiel initiale.
- 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.

⁵ Il s'agit d'un modèle où l'état à l'instant T peut prendre deux modalités et dont les probabilités sont dépendantes de l'état en T-1.

Comme précisé dans la première partie du document, une part importante des agents de la CNRACL liquide ses droits de façon anticipée au titre de la catégorie active. Ce type de départ, concentré plus spécifiquement dans le versant hospitalier, est étroitement lié aux emplois occupés et à leur durée d'occupation. La modélisation de Canopée selon les grades de la fonction publique se prête donc naturellement à la modélisation de ce dispositif.

À l'affiliation, les agents sont considérés occuper un emploi en catégorie active selon des probabilités par grade et âge.

Une fois l'individu entré à la CNRACL, il se voit attribuer une probabilité d'être ou non en catégorie active au trimestre T en fonction de son sexe, du grade, du fait de rester ou non dans le même grade et selon qu'il était en catégorie active ou non en T-1.

À l'issue de sa carrière, un cumul de durée en catégorie active s'en déduit : s'il excède 17 ans, l'agent peut bénéficier du départ anticipé.



L'étape précédente a permis de disposer de l'ensemble des informations biographiques des individus. Il s'agit ensuite de déterminer l'âge de liquidation et la pension correspondante.

En l'état actuel, les assurés sont supposés liquider leurs droits lorsqu'ils atteignent le taux plein par la durée, ou à défaut, à l'âge d'annulation de la décote (et n'ont donc ni décote ni surcote). 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.

Quatre types de départ peuvent être distingués :

- 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 %, etc.).
 Avec les règles prévalant actuellement, cette pension est assimilée à une pension de vieillesse que l'assuré percevra jusqu'à son décès;
- carrière longue : Ce départ nécessite 4 ou 5 trimestres avant 20 ans selon le mois de naissance, en plus du critère de durée totale à vérifier.
- catégorie active : Si l'individu a connu plus de 17 années de carrière sur un emploi de catégorie active, il peut prétendre à ce départ anticipé et ainsi liquider ses droits entre 57 et 62 ans.
- catégorie sédentaire.

Ce choix de comportement de départ repose donc essentiellement sur la modélisation de la durée de carrière. L'imputation des trimestres tout au long de la carrière de chaque assuré est donc déterminante, qu'il s'agisse de trimestres à la CNRACL ou de durée acquise dans d'autres régimes : trimestres avant l'affiliation, nombre de trimestres avant 20 ans, éventuels trimestres validés lors des périodes de disponibilité⁶.

Une fois l'âge de départ déterminé, la pension (vieillesse ou invalide) est calculée à partir de l'indice majoré à la liquidation – pourvu qu'il soit détenu depuis plus de 6 mois -, la valeur du point fonction publique courante et la durée dans le régime (avec prise en compte de la quotité de travail).

Le minimum garanti (MG) est également pris en compte. Cependant, celui-ci évolue dans la législation actuelle comme les prix tandis que la plupart des pensions évoluent toutes choses égales par ailleurs comme le salaire moyen dans les projections du COR, soit nettement audessus des prix. *In fine*, à horizon 2070, la part des retraités au MG est alors résiduelle.

L'assuré perçoit sa pension de droit direct jusqu'à son décès. La date de décès 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. Différentes sous-populations sont considérées : selon le sexe, le fait de percevoir ou non une pension d'invalidité et enfin le marqueur social, en l'occurrence la catégorie hiérarchique. La méthodologie est présentée plus en détail dans l'étude de la Direction des retraites et de la solidarité QRS Les études n°19, Espérance de vie des fonctionnaires territoriaux et hospitaliers (Soulat, 2017).

Au décès de l'assuré, une probabilité de générer une réversion s'applique selon le sexe. Une distribution d'écart d'âge est alors appliquée pour déduire l'âge du conjoint ayant cause à cette date. Il/Elle est supposé(e) percevoir la réversion (taux de 50 %) jusqu'à son décès, ce dernier étant déterminé conformément aux tables de mortalité de l'Insee.

-

⁶ Lorsque la position d'activité sur le trimestre est *Disponibilité*, une probabilité de valider un trimestre dans un autre régime est appliquée (estimée à partir des données inter-régimes).



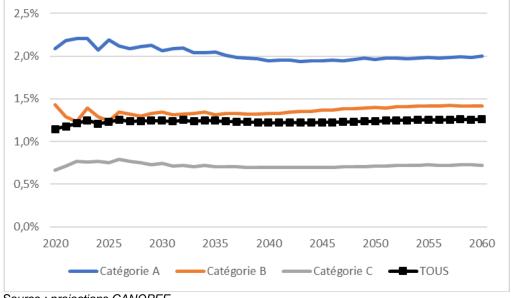
Contrôles de cohérence en sortie du modèle



Les dynamiques de carrière : mesure de la RMPP

Canopée modélise les rémunérations des fonctionnaires en suivant les grilles indiciaires et les mobilités entre grades. Il est possible de mesurer en sortie du modèle le degré de dynamisme des trajectoires individuelles en calculant la RMPP (rémunération moyenne des personnes en place). Cet indicateur présente l'évolution moyenne annuelle de l'indice majoré pour un individu présent deux années successives (graphique 4).

Graphique 4. Rémunération moyenne des personnes en place par catégorie hiérarchique



Source: projections CANOPEE.

La RMPP est en moyenne de +1,2 % par an. Elle reflète l'évolution de l'IM mais pas du traitement : l'évolution du traitement comprend, en plus, celle de la valeur du point fonction publique.

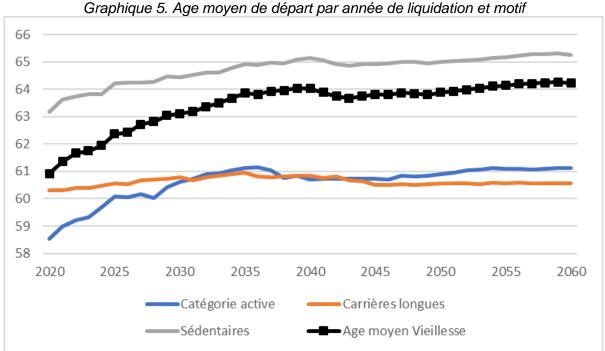
Pour une valeur du point fonction publique évoluant de 1,3 % en réel, le traitement moyen d'un individu fonctionnaire deux années de suite évolue donc de 2,5 % en plus de l'inflation en moyenne d'une année à l'autre.

Notons que la RMPP croît avec la catégorie hiérarchique. Ce constat renvoie aux dynamiques de grilles, qui sont plus prononcées pour les catégories A.



A partir de la génération 1973, la durée d'assurance pour liquider à taux plein se stabilise à 43 années (réforme de 2014). En outre, à compter des cohortes de la fin des années 1970, l'âge de début d'activité se stabilise également – à l'issue de l'allongement de la scolarité obligatoire qui a touché les générations 1950 et suivantes.

De ce fait, en postulant un départ à taux plein, l'âge de départ doit se stabiliser à partir des flux de départs de 2040. Le graphique 5, qui présente l'évolution des âges de départ par motif, confirme cette intuition.

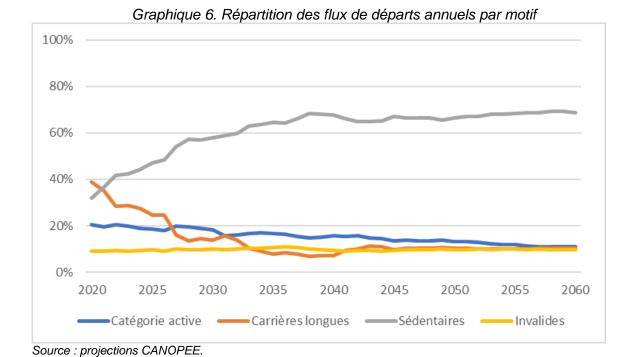


Source : projections CANOPEE.

La hausse de l'âge de début d'activité et celle de la durée d'assurance vont rendre de plus en plus difficile l'accès aux conditions de départ anticipé pour carrière longue. Le graphique 6, qui présente l'évolution de la répartition des flux par motif, le met en exerque.

Si la part des départs pour invalidité reste stable aux alentours de 10 %, les départs anticipés pour catégorie active, quant à eux, diminuent fortement sous l'effet de la réforme du statut des infirmiers. Ce point constitue le cas d'usage plus spécifiquement étudié en partie 5 de ce document.

In fine, les départs de droit commun (dits sédentaires), représenteront trois-quarts des départs à long terme, contre moins de la moitié actuellement.







En 2010, une réforme statutaire a été mise en place et a profondément modifié les conditions d'emploi et de retraite des infirmiers.

Auparavant, les infirmiers diplômés d'État (IDE, corps de catégorie B) étaient considérés comme occupant un poste en catégorie active et pouvaient donc bénéficier d'un départ à la retraite anticipé. Suite à cette réforme, les nouveaux infirmiers affiliés entrent sur un emploi d'infirmier en soins généraux et spécialisés (ISGS) de catégorie A, mais perdent en contrepartie le bénéfice de la catégorie active.

Les agents en activité au moment de cette réforme ont quant à eux eu le choix entre :

- exercer leur droit d'option et ainsi basculer en catégorie sédentaire sur un poste mieux rémunéré en catégorie A,
- ou conserver la catégorie active en demeurant fonctionnaire de catégorie B.



Évaluer l'effet de cette réforme statutaire peut être réalisé grâce à Canopée, en considérant :

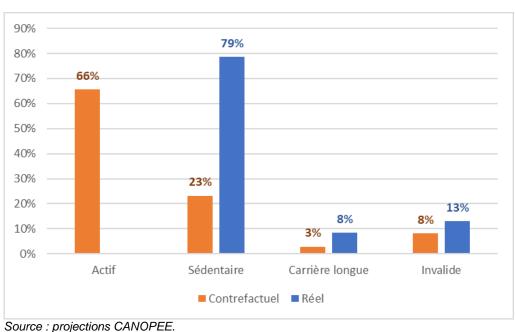
- La situation future réelle dans laquelle les affiliés évoluent sur les grades d'ISGS.
- Une situation contrefactuelle dans laquelle les infirmiers auraient continué d'exercer leur emploi sur les grilles d'IDE.

Les deux simulations ont été réalisées, chacune d'elle faisant évoluer les assurés sur des grilles différentes et conduisant à des carrières et conditions de départ différentes. Les graphiques et tableaux suivants présentent quelques résultats relatifs à la génération 2000 des infirmiers affiliés à la CNRACL.

Si la réforme n'avait pas eu lieu, deux infirmiers affiliés sur trois seraient partis au titre de la catégorie active, un sur quatre en catégorie sédentaire et un sur douze serait tombé en invalidité.

La réforme a rendu impossible le départ anticipé au titre de la catégorie active pour la génération concernée, ces liquidations se reportant donc sur l'ensemble des autres motifs :

- La part des départs pour invalidité devrait augmenter et s'établir à 13% : il s'agit des individus qui doivent retarder leur âge de départ mais tombent en invalidité entre temps.
- La part des individus éligibles au dispositif carrière longue augmenterait aussi. S'ils ne peuvent plus partir au titre de la catégorie active, certains assurés peuvent néanmoins partir entre 60 et 62 ans.
- Enfin, 8 départs sur 10 seraient des départs de droit commun au titre de la catégorie sédentaire, contre un peu plus de 2 sur 10 dans la situation avant réforme.



Graphique 7. Répartition des flux de départs annuels des infirmiers de la génération 2000 par motif selon la situation

Champ: individus nés en 2000 affiliés comme infirmiers.

Cette réforme conduit donc à une progression importante de l'âge de départ à la retraite : 64,3 ans en moyenne contre 61,9 si le départ en catégorie active avait été maintenu (tableau 1).

Tableau 1. Age moyen de liquidation des infirmiers de la génération 2000 par motif selon la situation

Situation	Tous	Dont actif	Dont sédentaire	Dont carrière longue	Dont invalide
Contrefactuelle	61,9	61,3	65,3	60,6	57,7
Réelle	64,3	-	65,4	60,7	59,8

Source : projections CANOPEE.

Champ: individus nés en 2000 affiliés comme infirmiers.

Cet écart s'explique logiquement par la part plus importante de départs au titre de la catégorie sédentaire.

À motif donné, l'âge moyen de départ est relativement stable, à l'exception notable des départs pour invalidité. En effet, de nouveaux individus tombent en invalidité. Il s'agit des agents qui ne peuvent plus partir en catégorie active : ils deviennent invalides, mais à des âges plus élevés que les autres (entre 57 et 62 ans).

Le tableau 2 présente enfin les niveaux moyens de pension, exprimés en euros constants de l'année 2016, dans chacune des situations. Les individus sont répartis suivant leur type de départ dans la situation contrefactuelle.

Quel que soit le type de départ qui aurait été applicable avant réforme, les agents perçoivent en moyenne une pension supérieure après ce changement statutaire. Le gain est d'environ 100 euros pour les départs hors catégorie active. On retrouve ici le fait que les assurés évoluent dans des grilles de catégorie A, plus favorables que celles de catégorie B.

Pour les agents qui perdent le bénéfice de la catégorie active, le gain est plus important, de l'ordre de 500 euros en moyenne. À l'effet « grilles » précité s'ajoute le gain de pension résultant du report de la retraite. Cette réforme, et notamment les détails des effets sur les niveaux de pension et sur cycle de vie, fera l'objet d'une étude approfondie de la Direction des retraites et de la solidarité (QRS les Cahiers), à paraître prochainement.

Tableau 2. Pension moyenne des infirmiers de la génération 2000 selon leur motif de départ dans la situation contrefactuelle

Pension en euros 2016	Dont actif dans la situation contrefactuelle	Dont sédentaire dans la situation contrefactuelle	Dont carrière longue dans la situation contrefactuelle	Dont invalide dans la situation contrefactuelle
Contrefactuelle	2 100	2 410	2 100	1 900
Réelle	2 670	2 520	2 200	2 000

Source: projections CANOPEE.

Champ: individus nés en 2000 affiliés comme infirmiers.



Conclusion: prolongements et améliorations envisagées

En considérant les grilles de rémunération de la fonction publique pour modéliser les trajectoires professionnelles, Canopée offre non seulement la possibilité d'effectuer des analyses et simulations en matière de retraites, mais permet aussi d'éclairer plus largement les impacts de réformes statutaires publiques sur la masse salariale publique, la structure de la population, les dépenses de vieillesse, etc.

Cette approche implique d'adapter le modèle aux évolutions de grilles et de corps. À ce titre, l'une des premières pistes d'amélioration envisagée à très court terme consiste à prendre en compte les nouvelles grilles issues du protocole PPCR et adapter les équations de transition en conséquence.

Une seconde voie d'amélioration renvoie aux comportements de départ à la retraite.

Une grande partie des assurés ne liquide pas au taux plein et accepte de subir une décote ou, a contrario, perçoit une surcote, ces cas ne sont pourtant pas pris en compte dans le modèle actuel. Un module de départ alternatif va être développé pour prendre en compte la diversité des cas possibles. Son développement permettra, dans la législation actuelle, de prendre en compte l'intégralité de la carrière et donc des droits à pension – y compris ceux des autres régimes. Il permettra aussi et surtout d'adapter le comportement de départ à une législation nouvelle – celle du système universel de retraite (SUR) – dans laquelle le taux plein ne renvoie plus au même concept. Dans la perspective du SUR, un nouveau module de calcul de pensions, en points celui-ci, a par ailleurs été implémenté.



Tableau annexe 1 – Grades retenus à la FPT dans CANOPEE

Filière	Catégorie	Corps	Grade
Technique	С	Adjoint technique	Adjoint technique de 2e classe
		territorial	Adjoint technique de 1e classe
			Adjoint technique principal de 2e classe
			Adjoint technique principal de 1e classe
	С	Agent de maîtrise	Agent de maîtrise
			Agent de maîtrise principal
	В	Technicien territorial	Technicien (1er grade)
			Technicien principal de 2e classe
			Technicien principal de 1e classe
	Α	Ingénieur territorial	Ingénieur
			Ingénieur principal
			Ingénieur en chef classe normale
			Ingénieur en chef classe exceptionnelle
Adminis- trative	С	Adjoint administratif	Adjoint administratif de 2e classe
			Adjoint administratif de 1e classe
			Adjoint administratif principal de 2e classe
			Adjoint administratif principal de 1e classe
	В	Rédacteur territorial	Rédacteur
			Rédacteur principal de 2e classe
			Rédacteur principal de 1e classe
	A	Attaché territorial	Attaché
			Attaché principal
			Directeur territorial
Autre	С	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
	В	TB1	réf : Educateur
		TB2	réf : Educateur principal de 2e classe
		ТВ3	réf : Educateur principal de 1e classe
	Α	TA1	réf : Attaché
		TA2	réf : Attaché principal
		TA3	réf : Ingénieur en chef de classe exceptionnelle

Tableau annexe 2 – Grades retenus à la FPH dans Canopée

Filière	Catégorie	Corps	Grade		
Adminis-	С	Adjoint administratif	Adjoint administratif de 2e classe		
trative			Adjoint administratif de 1e classe		
			Adjoint administratif principal 2e classe		
			Adjoint administratif principal 1e classe		
	В	Assis. médico admin.,	Assistant médico administratif de classe normale		
		adj. des cadres et	Assistant médico administratif de classe supérieure		
		perm. aux. de régul. médicale	Assistant médico administratif de classe exceptionnelle		
	Α	Attachés	Attaché		
			Attaché principal		
Soin	С	Aide-soignant et agent	ASHQ classe normale		
		des services	ASHQ classe supérieure		
		hospitaliers qualifié	Aide-soignant de classe normale		
		(ASHQ)	Aide-soignant de classe supérieure		
			Aide-soignant de classe exceptionnelle		
	В	Infirmier de soins	Infirmier diplômé d'Etat de classe normale		
		généraux (ancien statut en extinction)	Infirmier diplôme d'Etat classe supérieure		
	Α	Infimiers de soins généraux et spécialité (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		
		Cadre de santé	IADE classe supérieure		
			Cadre de santé paramédical		
		paramédical	Cadre supérieur de santé paramédical		
		Directeur des soins	Directeur des soins de classe normale		
			Directeur des soins de classe supérieure		
Autre	С	HC1	réf : Agent d'entretien qualifié - e3		
		HC2	réf : Ouvrier professionnel qualifié - e4		
		HC3	réf : Maître ouvrier - e5		
		HC4	réf : Maître ouvrier principal - e6		
	В	HB1	réf : Educateur technique spécialisé classe normale		
		HB2	réf : Educateur technique spécialisé classe supérieure		
	Α	HA1	réf : Attaché		
		HA2	réf : Attaché principal		
		HA3	réf : Directeur hospitalier hors classe		

Ensemble, faisons grandir la France



