

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

|   |
|---|
| <b>Document N° 3</b>                                    |
| <i>Document de travail,<br/>n'engage pas le Conseil</i> |

## **Les modèles français de microsimulation en matière de retraite**

*Secrétariat général du Conseil d'orientation des retraites*



## Les modèles français de microsimulation en matière de retraite

Les évolutions démographiques en France depuis plusieurs décennies ont conduit les pouvoirs publics à adapter les dispositifs de retraite afin de faire face au vieillissement de la population. Ainsi, depuis 1993, plusieurs réformes ont été menées dont les effets ont pu varier selon les caractéristiques de carrière des assurés. Dans ce cadre, les modèles de microsimulation permettent de mieux prendre en compte les finesses de la réglementation et d'étudier précisément les impacts des évolutions législatives, tant sur le plan financier qu'au niveau des effets individuels.

Depuis plusieurs années, les administrations publiques, les instituts de recherche et les régimes de retraite ont développé leurs propres outils de microsimulation. Ces modèles ont été de plus en plus sollicités pour des exercices différents (évaluation de projets de réforme, projections européennes<sup>1</sup>, actualisation des projections du COR dans le cadre du rapport annuel, etc.) et pour produire à la fois des résultats financiers (masse de prestations servies par exemple) et des données non financières (nombre de retraités, âge de départ à la retraite, etc.). Certains couvrent l'ensemble des assurés du système de retraite français, d'autres la seule population du régime en charge du modèle.

Si la coexistence de plusieurs modèles permet de multiples analyses et contribue à renforcer la robustesse des résultats qu'ils peuvent livrer en les confrontant, elle peut toutefois également poser la question de leur cohérence. En effet, de par le champ couvert, les sources mobilisées et la méthodologie employée, ils ne sont pas toujours « naturellement » cohérents entre eux. Il en résulte le besoin de mieux comprendre leur fonctionnement afin de bien maîtriser leurs différences/convergences, *a minima* pour trois raisons :

- fiabiliser la qualité des projections,
- documenter les sources d'écarts (méthode de modélisation, sources utilisées, champ, grandeurs modélisées),
- assurer la cohérence globale entre projections financières issues des projections des régimes et données non financières.

Le secrétariat général du COR a ainsi mis en place un groupe de travail en 2018, à la suite de l'exercice de projections tous régimes réalisé en 2017, afin de mieux appréhender les différences et similitudes des modèles de microsimulation utilisés en France dans le domaine de la retraite. Ce groupe de travail fait suite aux travaux qui avaient déjà été engagés en 2011<sup>2</sup> et 2013. Cette note dresse un bilan des travaux effectués lors du dernier groupe de travail de 2018.

Au cours des cinq séances de travail, qui se sont déroulées entre 2018 et 2019, sept modèles ont été étudiés : Destinie, Aphrodite, Trajectoire, Prisme, Pablo, Canopée et le modèle de l'Agirc-Arrco.

---

<sup>1</sup> En tant que membre de l'Union Européenne, la France participe notamment à deux rapports relatifs aux pensions de retraite : le rapport sur les dépenses liées au vieillissement dans le cadre de l'Ageing Working Group (AWG) commandé par le conseil économique et financier et le rapport sur l'adéquation des pensions (Pension adequacy report) dans le cadre du comité de la protection sociale.

<sup>2</sup> Le GT de 2011 visait à comparer les modèles de l'ensemble des régimes, quelle que soit leur technique de modélisation. Voir à ce sujet le dossier de la [séance du COR du 25 janvier 2012](#), « Exercices de projections financières du système de retraite : aspects méthodologiques ».

Ces séances ont permis d'affiner la connaissance sur les différents modèles et de mieux appréhender leurs particularités. Elles ont été menées selon une approche transversale par thématique. Les thèmes abordés ont couvert les domaines des sources et populations modélisées, des complétions de données, de la modélisation des carrières et enfin de la modélisation des départs à la retraite et du calcul des pensions.

Pour chacune des thématiques listées, des questions ont été envoyées aux participants, qui ont fourni des réponses détaillées.

## 1. Panorama des principaux modèles de microsimulation français dans le domaine de la retraite

Le modèle **Destinie**<sup>3</sup>, développé depuis les années 1990 par l'Insee, est le premier modèle de microsimulation dynamique conçu en France. Sa version actuelle (Destinie 2) a été développée dans la seconde moitié des années 2000 (voir le **document n° 5**). Il simule le devenir d'un ensemble d'individus constituant un échantillon représentatif de la population française. Il est basé sur des données d'enquête et couvre donc l'ensemble de la population résidant en France. À la différence des autres modèles de microsimulation, Destinie a une dimension « ménage » : les liens familiaux sont simulés chaque année de projection. Le modèle couvre les différents régimes de retraite obligatoire : salariés du privé, du public et travailleurs indépendants. Il est constitué de trois blocs : un module générateur des biographies démographiques, un module générateur de trajectoires professionnelles et un module de simulation des retraites. Il estime les pensions de droits directs et de réversion.

Le modèle **Aphrodite** a été développé par la direction générale du Trésor. Aphrodite s'appuie sur les carrières projetées par le modèle Destinie jusqu'à l'âge de 55 ans (voir le **document n° 6**). Il simule ensuite les fins de carrières et calcule les pensions.

Le modèle **Trajectoire**<sup>4</sup> a été développé par la DREES dès la fin des années 2000 (voir le **document n° 8**). Il est utilisé à des fins d'études ou pour la simulation de réformes. Il s'appuie sur les données administratives des différentes caisses de retraite *via* l'EIC<sup>5</sup>. Il prolonge les carrières professionnelles d'un échantillon d'individus jusqu'à 54 ans et simule tous les éléments nécessaires au calcul d'une pension de retraite. La simulation des départs à la retraite se fait à l'aide du modèle Promess<sup>6</sup> et l'estimation des pensions par le module Caliper<sup>7</sup>. C'est donc un modèle qui couvre l'ensemble de la population résidant ou non en France, nés en France ou à l'étranger, régimes de bases et complémentaires. Il estime les montants de pensions de droit propres mais, à ce jour, pas les pensions de réversion.

Le modèle **Prisme**<sup>8</sup> est le modèle de microsimulation de la Cnav, créé en 2004 suite au besoin d'évaluation des effets des réformes des retraites et de projections financières pour le Conseil d'Orientation des Retraites (voir le **document n° 9**). Il simulait à l'origine les trajectoires

---

<sup>3</sup> Modèle **D**émographique **E**conomique et **S**ocial de **T**rajectoires **I**ndividuelles **s**ImulEs

<sup>4</sup> **T**RAJEctoire de **C**arrières **T**Ous **R**Egimes

<sup>5</sup> Echantillon Interrégime de Cotisants

<sup>6</sup> Promess (**P**ROjection **M**ESo du **S**ystème de retraite) est un modèle matriciel qui réalise des projections au niveau de catégories d'individus définies par un certain nombre de caractéristiques communes observées à 54 ans. Pour chacune de ces catégories, il modélise la distribution complète des âges de cessation d'emploi, de validation et de départ à la retraite.

<sup>7</sup> Caliper (**C**ALcul **I**nterrégimes des **P**ensions de **R**etraite) est un outil qui convertit des carrières réelles ou fictives en éléments de pension.

<sup>8</sup> **P**rojection des **R**etraites, **S**imulations, **M**odélisation et **E**valuations

professionnelles des affiliés à la Sécurité sociale et estimait leurs pensions de droits directs et de réversion. Il permet à la fois la réalisation de projections de long terme ainsi que des prévisions budgétaires à plus court terme. Il est basé sur un large échantillon au 1/20<sup>ème</sup> des données administratives du régime général. Suite à la liquidation unique des régimes alignés (LURA) en 2017 et en vue du projet de réforme des retraites en 2019, Prisme a vu son champ s'élargir. Il permet désormais de réaliser des projections tous régimes, par groupes de régimes (fonction publique, professions libérales, exploitants agricoles, régimes spéciaux).

**Pablo** est le modèle de microsimulation dynamique du régime de la fonction publique de l'État. Son développement a été amorcé en 2012 et il est opérationnel depuis 2017 (voir le **document n° 10**). Il repose sur une table initiale contenant les comptes individuels retraite mis en place pour le droit à l'information, qui retracent toute la carrière d'un agent ainsi que les éléments de rémunération, et sur la base des pensions de l'État. Les événements démographiques (décès, mariages, naissance) et les situations professionnelles sont simulés jusqu'à un âge avancé. Puis, des simulations de départ à la retraite sont effectuées sur la base projetée. Pablo estime les pensions de l'ensemble des affiliés au régime de la fonction publique de l'État (civils ou militaires) ainsi que les pensions de réversion.

**Canopée**<sup>9</sup> est le modèle de microsimulation de la Caisse des dépôts pour la CNRACL. Il simule les trajectoires de carrière et de retraite des fonctionnaires territoriaux et hospitaliers (voir le **document n° 11**). Il a comme particularité, tout comme le modèle Pablo, de scinder les étapes de projection de la carrière et projection des retraites. Il simule donc les biographies de carrière jusqu'à un âge élevé puis détermine un âge de départ. Canopée estime les pensions de droit direct ainsi que les pensions de réversion. Le modèle est basé sur les données de gestion de la CNRACL.

Le **modèle de microsimulation dynamique de l'Agirc-Arrco** est actuellement en cours de développement (voir le **document n° 12**). Il est basé sur un échantillon représentatif de l'ensemble des individus affiliés à l'Agirc-Arrco (cotisants et retraités). Il simulera les pensions de droit direct mais également la réversion du régime complémentaire des salariés du privé.

Les principales caractéristiques des modèles, analysés lors des groupes de travail, sont synthétisées dans le tableau 1 et le schéma 1. Les sept modèles comparés peuvent être répartis entre deux grands groupes selon la population modélisée : les modèles qui couvrent une large population (modèles généralistes) qui ont été essentiellement développés dans les administrations (Trajectoire, Destinie) ou depuis peu par la Cnav, et les modèles qui couvrent un régime de retraite en particulier (modèles régimes, à l'exception de Prisme depuis 2019).

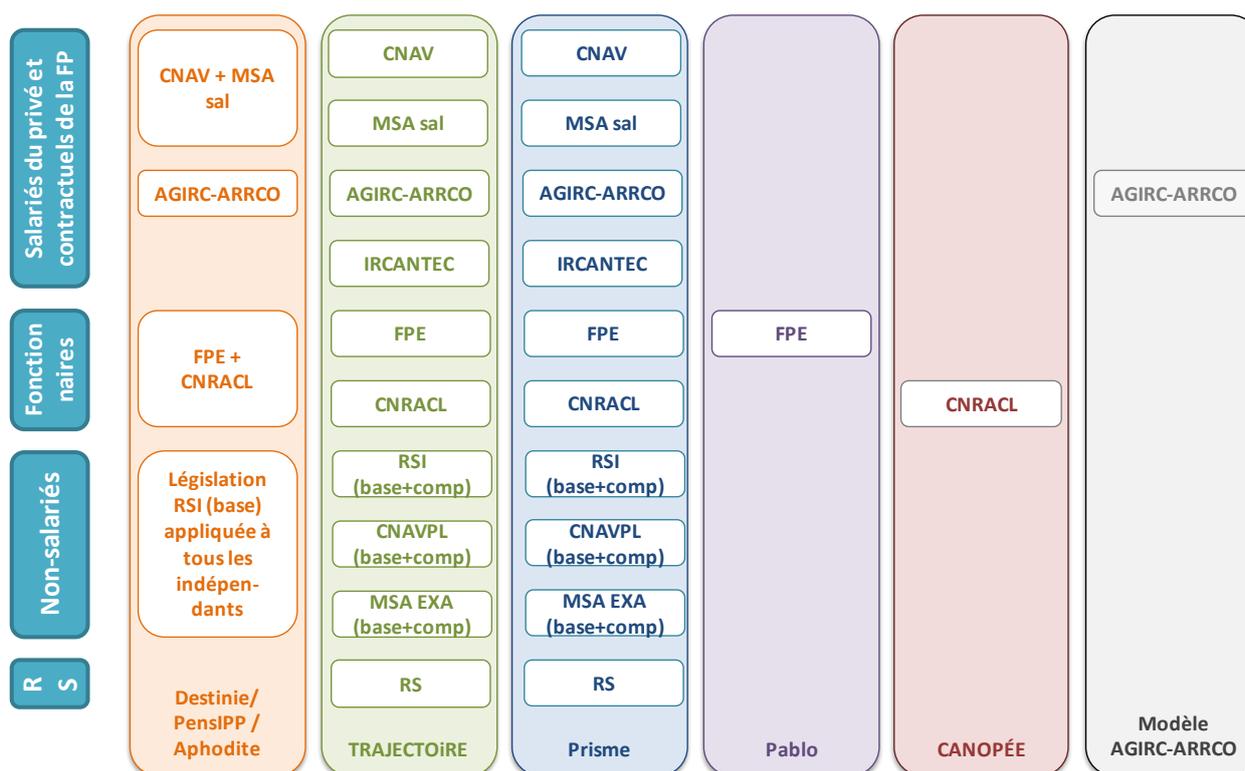
---

<sup>9</sup> Comprendre et ANalyser : Outil de Projection et d'Etudes Economiques

**Tableau 1 : Principales caractéristiques des modèles français de microsimulation en matière de retraite**

|                            | Champs couverts par le modèle |        | Pensions de droit propre | Pensions de réversion | Taille de l'échantillon  |
|----------------------------|-------------------------------|--------|--------------------------|-----------------------|--|
|                            | Généraliste                   | Régime |                          |                       |  |
| <b>TRAJECTOIRE</b>         | ✓                             |        | ✓                        |                       | 1,6 million d'individus  |
| <b>DESTINIE /APHRODITE</b> | ✓                             |        | ✓                        | ✓                     | 62 000 individus   |
| <b>PRISME</b>              | ✓                             |        | ✓                        | ✓                     | 5,5 millions d'individus   |
| <b>PABLO</b>               |                               | ✓      | ✓                        | ✓                     | 105 000 individus affiliés non retraités et tous les retraités (2,3 à 2,4 millions de personnes) |
| <b>CANOPEE</b>             |                               | ✓      | ✓                        | ✓                     | 2,2 millions d'actifs, 1,3 million de pensionnés   |
| <b>AGIRC-ARRCO</b>         |                               | ✓      | ✓                        | ✓                     | 2,2 millions d'individus   |

**Schéma 1 : Cartographie des modèles**



Les modèles ont pour point commun de simuler les pensions de retraite sur un **échantillon de population**. La taille de l'échantillon dépend du modèle considéré (tableau 1). Elle varie fortement au sein des modèles généralistes (de 62 000 individus pour le modèle Destinie à 5,5 millions pour le modèle Prisme). Si une taille modeste permet d'effectuer des projections rapidement et de simuler de nombreuses variantes, les résultats des projections seront soumis

à une plus grande variance et la précision des résultats sera donc plus faible qu'avec un modèle basé sur un échantillon plus important. Pour les modèles de régimes, seul le modèle Canopée repose sur une base exhaustive.

Les modèles diffèrent également en fonction de la **source de données** utilisée pour la projection (tableau 2). Les modèles généralistes s'appuient sur des données d'enquêtes (c'est le cas de Destinie) ou sur des données administratives (EIC et EIR<sup>10</sup> pour Trajectoire, fichiers de gestion de la Cnav pour Prisme). Les modèles régimes s'appuient sur leurs données de gestion.

**Tableau 2 : Sources des données**

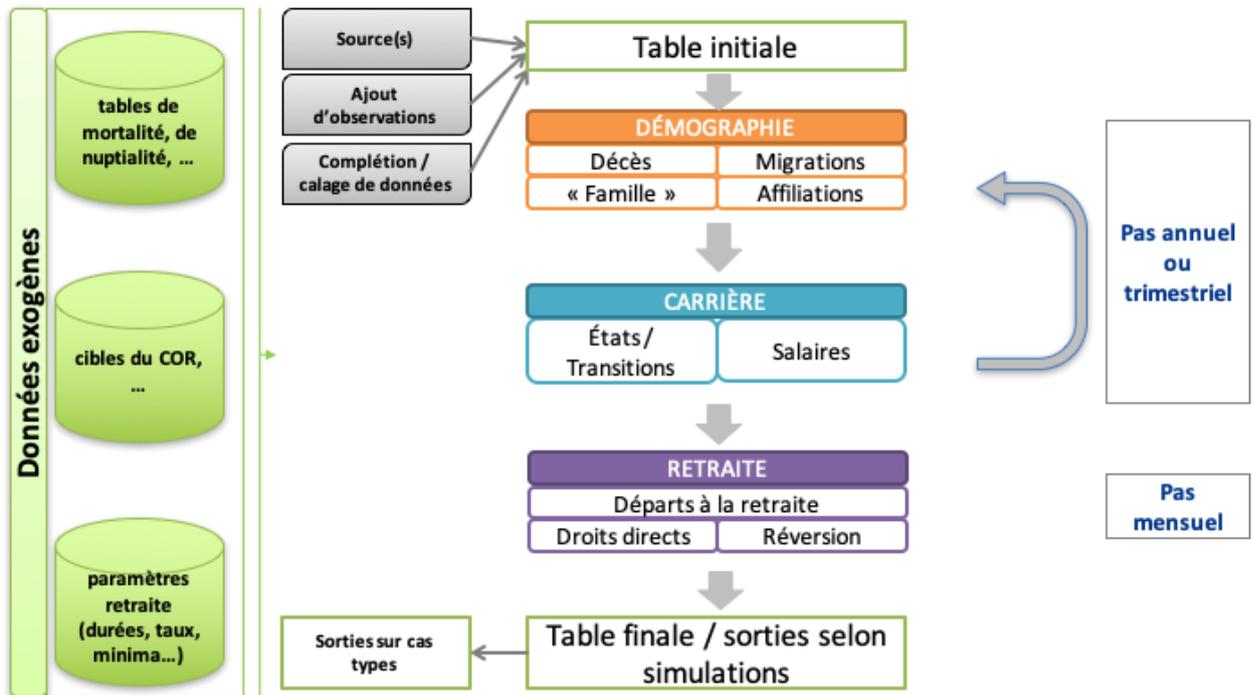
|                            | Données d'enquête         | Échantillon inter-régimes | Bases de gestion |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|
| <b>TRAJECTOIRE</b>         |                           | ✓<br>(EIC et EIR)         |                  |
| <b>DESTINIE /APHRODITE</b> | ✓<br>(enquête Patrimoine) |                           |                  |
| <b>PRISME</b>              |                           |                           | ✓                |
| <b>PABLO</b>               |                           |                           | ✓                |
| <b>CANOPEE</b>             |                           |                           | ✓                |
| <b>AGIRC-ARRCO</b>         |                           |                           | ✓                |

**D'autres sources de données** sont utilisées par les modèles. Elles peuvent être très variables et les principales sont les DADS/DSN (données de salaires), les données inter-régimes, l'Enquête Emploi de l'Insee et les projections démographiques de l'Insee. Ces données permettent de compléter des informations manquantes dans les fichiers sources mais essentielles au calcul des droits à la retraite. Ces ajouts d'informations sont d'importance variable selon les modèles car elles dépendent de la base de données initiale. Dans les modèles basés sur des données d'enquête, les données manquantes concernent principalement les variables permettant de calculer les pensions versées (durées d'assurance, salaires, etc.). Les modèles reposant sur des données administratives sont, quant à eux, lacunaires sur les données personnelles et familiales (âge de fin d'études, diplômes, mariages, enfants, patrimoine, etc.).

Si les données sources et le champ couvert par les modèles diffèrent, **l'architecture** même des modèles de microsimulation en matière de retraite reste similaire (schéma 2). Ils reposent tous sur une « table initiale » qui, comme vu précédemment, diffère selon le modèle considéré. Cette table peut être complétée d'événements ayant un impact sur le montant des pensions qui seront versées. Une fois la table initiale constituée, les trajectoires professionnelles et les rémunérations associées sont estimées. Enfin, le module de retraite simule un départ à la retraite et calcule les pensions versées (droits directs et pensions de réversions).

<sup>10</sup> Échantillon Interrégime de Retraités

**Schéma 2 : Une architecture type des modèles de microsimulation**



La suite de ce document vise à illustrer de façon schématique les mécaniques intrinsèques à chaque modèle.

## 2. La modélisation des évènements démographiques

Les évènements de nature démographique, qui influent sur le montant de pension versée sont simulés dans l'ensemble des modèles de microsimulation : mariage (pour ceux estimant les pensions de réversion), naissances, décès, migrations. Les méthodes utilisées varient selon les modèles considérés. Ces évènements sont souvent imputés à l'aide d'équations qui permettent de calculer des probabilités de survenue de l'évènement. Ils sont calés sur des données externes aux modèles, généralement issues des projections démographiques de l'Insee (taux de fécondité, quotients de mortalité, etc.).

Concernant les décès, les modèles peuvent reposer sur des tables de mortalité différentes. Par exemple, le modèle de la fonction publique (Pablo) intègre le fait que la mortalité de sa population est différente des quotients de mortalité de l'Insee. Le modèle Prisme de la Cnav applique des taux de mortalité différents par catégorie de pension (pension normale, invalide ou inapte).

Les modèles intègrent également des nouvelles entrées dans la population. Ces nouveaux affiliés voient l'intégralité de leur vie professionnelle et leur retraite simulées jusqu'à leur décès.

### 3. La modélisation des trajectoires professionnelles

La modélisation des carrières se fait, généralement, en deux temps. Dans un premier temps un état sur le marché du travail (en emploi, au chômage, en arrêt maladie, inactivité, etc.) est affecté à chaque individu selon le pas du modèle et, dans un second temps, les rémunérations associées sont estimées.

**Les déroulements de carrière** sont modélisés sur les comportements observés dans le passé, en général sur la base initiale du modèle. Ils sont ensuite extrapolés en projection.

Plusieurs méthodologies peuvent être employées (tableau 3). La première utilise **des matrices de transition**, qui donnent la probabilité de transiter d'un état à un autre à l'instant T en fonction des caractéristiques observées de l'individu à l'instant T-1 (par exemple, probabilité d'être au chômage en T sachant qu'en T-1 l'individu était en emploi – schéma 3).

Une autre modélisation possible, qui prend plus finement en compte les caractéristiques personnelles et la trajectoire passée des individus, repose sur des équations de calcul de probabilités (**modèles logistiques**). Ces modèles permettent de calculer la probabilité de survenue d'un événement (par exemple la probabilité d'être au chômage) en fonction de facteurs susceptibles de l'influencer (les caractéristiques personnelles de l'individu et sa trajectoire professionnelle passée). Lorsque deux événements sont estimés simultanément (être au chômage/ne pas être au chômage), les modèles logistiques sont dits dichotomiques et les équations sont alors imbriquées dans un arbre de décision (schéma 4). Lorsque l'ensemble des événements sont modélisés simultanément (probabilité d'être au chômage, probabilité d'être en activité salariée, probabilité d'être en arrêt maladie...), les modèles sont dits multinomiaux (schéma 5). Cette dernière modélisation permet de mieux contrôler les effectifs se répartissant entre les différents types d'états possibles.

Les probabilités de transition entre états sont calculées en fonction des caractéristiques individuelles de la personne. Les variables mobilisées dans les équations diffèrent selon les modèles, mais les estimations se font, généralement, par tranche d'âge et par sexe.

**Tableau 3 : Principales caractéristiques des modules carrière**

|                            | Matrice de transition | Équations logistiques dichotomiques | Équations logistiques multinomiales | Pas de la projection | Nombre d'états différents | Nombre d'états possibles par unité temporelle |
|----------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------------------|---|
| <b>TRAJECTOIRE</b>         | ✓                     |                                     |                                     | Annuel               | 15(*)                     | 2   |
| <b>DESTINIE /APHRODITE</b> |                       | ✓                                   |                                     | Annuel               | 15(**)                    | 1   |
| <b>PRISME</b>              |                       |                                     | ✓                                   | Trimestriel          | 12                        | 1   |
| <b>PABLO</b>               |                       | ✓                                   |                                     | Trimestriel          | 5                         | 1   |
| <b>CANOPEE</b>             |                       | ✓                                   |                                     | Trimestriel          | 8                         | 1   |
| <b>AGIRC-ARRCO</b>         |                       | ✓                                   | ✓                                   | Annuel               | 10                        | 2(***)  |

(\*) 15 états simulés jusqu'à 54 ans. À partir de 54 ans les assurés hors de l'emploi restent sans emploi jusqu'à la liquidation, ceux qui finissent dans le secteur privé ont une probabilité de sortir de l'emploi à chaque année, et les assurés qui finissent dans le secteur public restent en emploi jusqu'à la liquidation.

(\*\*) 15 états simulés jusqu'à 54 ans, 6 à partir de 55 ans.

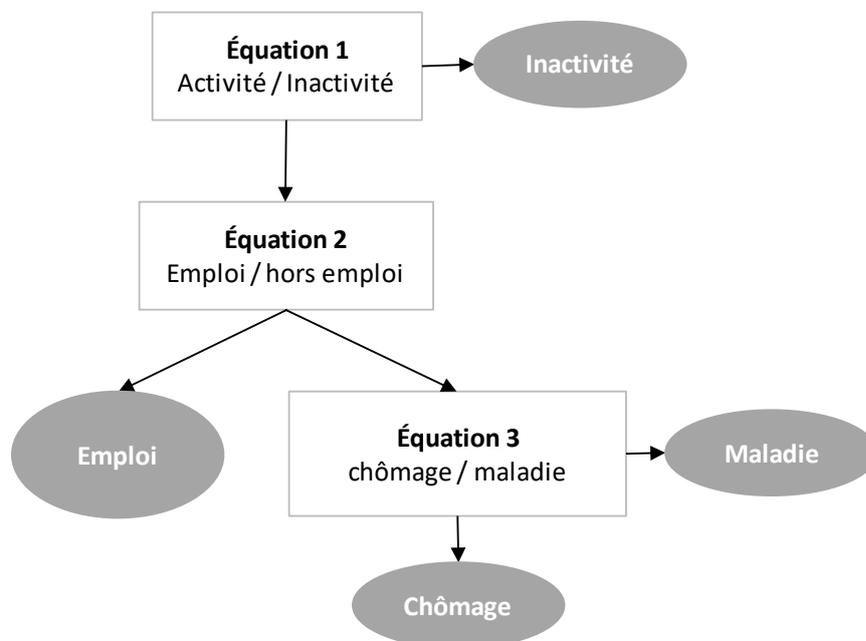
(\*\*\*) 1 seul état si l'individu n'est pas affilié à l'Agirc-Arrco.

Entre cinq et quinze états distincts sur le marché du travail sont définis selon les modèles considérés (tableau 4). Les carrières se déroulent sur un pas annuel<sup>11</sup> ou trimestriel.

**Schéma 3 : Exemple d'une matrice de transition entre états**

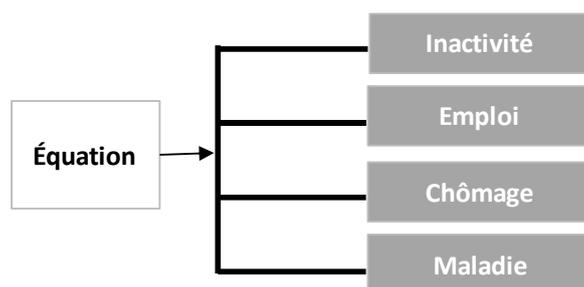
|                           |         | Situation à l'instant T                        |  |  |     |
|---------------------------|---------|--|--|--|-----|
|                           |         | emploi   | chômage  | maladie  | ... |
| Situation à l'instant T-1 | emploi  | probabilité de rester en emploi                | probabilité de passer de l'emploi au chômage   | probabilité de passer de l'emploi à la maladie | ... |
|                           | chômage | probabilité de passer du chômage à l'emploi    | probabilité de rester au chômage               | probabilité de passer du chômage à la maladie  | ... |
|                           | maladie | probabilité de passer de la maladie à l'emploi | probabilité de passer de la maladie au chômage | probabilité de rester en maladie               | ... |
|                           | ...     | ...  | ...  | ...  | ... |

**Schéma 4 : Exemple d'un arbre de décision – équations logistiques dichotomiques imbriquées**



<sup>11</sup> Le modèle Trajectoire et le modèle de l'Agirc-Arrco permettent la validation de deux états différents par an.

## Schéma 5 : Exemple d'équation logistique multinomiale



**Tableau 4 : Différents états possibles sur le marché du travail**

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>TRAJECTOIRE</b>         | <b>Jusqu'à 54 ans</b> : Cnav non cadres, Cnav cadres, Cnav non titulaires, MSA salariés, MSA exploitants, RSI, fonction publique d'Etat, fonctionnaire des collectivités, régimes spéciaux, professions libérales, chômage, inactivité, AVPF, maladie/ invalidité, retraite                              |
|                            | <b>À partir de 55 ans</b> : les assurés hors de l'emploi restent sans emploi jusqu'à la liquidation, les assurés qui finissent dans le secteur privé ont une probabilité de sortir de l'emploi à chaque année, les assurés qui finissent dans le secteur public restent en emploi jusqu'à la liquidation |
| <b>DESTINIE /APHRODITE</b> | <b>Jusqu'à 54 ans</b> : scolarité, emploi salarié du privé (cadre/non cadre), fonction publique (FPE/FPTH, catégorie active/sédentaire), indépendant, chômage, inactivité, AVPF, malade, service militaire, retraite   |
|                            | <b>À partir de 55 ans</b> : salarié du privé, travailleur indépendant, employé du secteur public, chômeur, arrêt maladie, inactif  |
| <b>PRISME</b>              | Emploi RG, MSA salarié, RSI, Fonctionnaires, professions libérales, MSA exploitant, régimes spéciaux, chômage indemnisé, maladie, maternité, invalidité, inactivité  |
| <b>PABLO</b>               | Activité dans la fonction publique de l'État, congés maladie, disponibilité pour enfants, disponibilité pour d'autres raisons, hors fonction publique d'État   |
| <b>CANOPEE</b>             | Activité, congé maladie imputable, congé longue durée-congé longue maladie, congé maladie ordinaire, congé maternité, congé parental, disponibilité, invalidité  |
| <b>AGIRC-ARRCO</b>         | <b>Si Régime AA</b> : emploi, chômage, maladie, invalidité (+ 4 états doubles mixant ces situations).  |
|                            | <b>En dehors de l'AA</b> : emploi, avpf, chômage, maladie, invalidité, inactivité (hors retraités).  |

Une fois les trajectoires de carrière définies, **une rémunération est affectée pour chaque période d'emploi** (salaire pour les salariés au régime général, revenu pour les indépendants, traitement indiciaire pour les fonctionnaires - tableau 5).

L'estimation est réalisée, sur les données constatées, en amont de la projection et les paramètres sont appliqués en projection. Les variables varient selon les modèles considérés : elles prennent en compte pour l'essentiel les déterminants usuels des salaires, à savoir, l'âge de fin d'études, l'ancienneté dans l'emploi, le pays de naissance ou encore le nombre d'enfants.

Deux modèles étudiés n'estiment pas les rémunérations à partir d'équations de salaires. Le premier modèle, Pablo, repose sur une modélisation logistique qui détermine un potentiel changement d'indice. Le cas échéant, le nouvel indice est simulé à l'aide d'un modèle linéaire. Le second modèle, Canopée, modélise la trajectoire de carrière dans les grilles pour le traitement indiciaire et ajoute une prime moyenne par grade. Cette modélisation est basée sur deux équations logistiques. La première détermine l'évènement « sortir du grade » ou non,

la seconde, conditionnée à la sortie de grade, modélise l'évènement « grade supérieur » ou « autre grade ».

**Tableau 5 : Principales caractéristiques des modules salaires**

|                            | Revenus modélisés   | Équations de salaire | Pas de la projection |
|----------------------------|---|----------------------|----------------------|
| <b>TRAJECTOIRE</b>         | Salaires déplafonnés, traitement et primes pour les fonctionnaires  | ✓                    | Annuel               |
| <b>DESTINIE /APHRODITE</b> | Revenus bruts (déplafonnés pour les salariés du privé, avec prime pour les titulaires FP)   | ✓                    | Annuel               |
| <b>PRISME</b>              | Salaires déplafonnés à partir de 1999 pour le RG, la MSA et le RSI, traitement indiciaire et primes pour les fonctionnaires et régimes spéciaux, revenus des professions libérales et exploitants agricoles | ✓                    | Annuel               |
| <b>PABLO</b>               | Traitement indiciaire brut (salaire hors prime) *   |                      | Trimestriel          |
| <b>CANOPEE</b>             | Traitement indiciaire   |                      | Trimestriel          |
| <b>AGIRC-ARRCO</b>         | Salaire annuel effectivement perçu  | ✓                    | Annuel               |

\*le modèle OSCAR permet de simuler les primes. Ce modèle a été développé suite aux travaux effectués dans le cadre de la mise en place d'un système universel de retraite.

Des procédures d'étalonnage sont enfin effectuées afin que les simulations respectent les différents scénarios macroéconomiques et démographiques demandés par le COR (nombre de cotisants, SMPT, etc.). Ces calages peuvent être effectués à un niveau plus ou moins fin selon les modèles considérés.

#### 4. La modélisation des départs à la retraite

Une fois les carrières et rémunérations simulées, les modèles calculent les droits acquis par chaque individu projeté, dans l'ensemble des régimes couverts par le modèle. Les durées peuvent être déduites des éléments de carrière simulés (les trimestres validés au Régime général, au RSI et à la MSA salariés dépendent des salaires estimés dans les modèles Trajectoire et Prisme par exemple) ou sont affectées selon un tirage de distributions empiriques (modèle de l'Agirc-Arrco). Enfin, les trimestres connus en fin de carrière, comme les majorations de durée d'assurance, sont implémentés.

D'autres durées d'assurance sont connues en fin de carrière et peuvent donc être absentes des bases de données initiales. Il peut s'agir de trimestres validés dans des régimes à l'étranger ou de régularisations de trimestres en fin de carrière. La méthodologie utilisée pour les imputer affecte les âges moyens de départ à la retraite et donc les masses de pensions versées. Cet impact sera d'autant plus élevé que la modélisation des départs à la retraite repose sur une hypothèse de comportement de départ à la retraite au taux plein.

Les modules de départ à la retraite estiment l'âge de départ et les pensions versées. Différents types de départ à la retraite peuvent être modélisés : départs au titre des carrières longues, invalidité, etc.

La quasi-totalité des modèles sont des modèles dits déterministes, le départ à la retraite se fait lorsque le taux plein est atteint (tableau 6). Ces modèles peuvent cependant introduire des

hypothèses de comportements autour du taux plein (carrières longues, invalidité, décotes/surcotes).

Le modèle Prisme propose une modélisation plus fine des départs à la retraite. Les probabilités de départ y sont modélisées, à chaque âge, sous forme d'équations logistiques dépendant de nombreuses variables explicatives propres aux individus (durée d'assurance, situation sur le marché du travail, distance par rapport au taux plein...).

Destinie propose plusieurs modalités de comportements de départ, dont le modèle de Stock and Wise<sup>12</sup> ou la maximisation de l'utilité instantanée, mais le module le plus utilisé reste celui de départ au taux plein.

Le choix de modélisation du comportement de départ a un impact sur les âges de départ à la retraite et donc, sur les flux de départs et masses versées par les régimes. Par exemple, la dispersion des âges de départ sera plus grande dans un modèle qui intègre les dispositifs de surcote/décote et qui permet des départs en retraite après l'âge d'annulation de la décote.

**Tableau 6 : Principales caractéristiques des modules de départ**

|                            | Départ au taux plein | Equations logistiques | Pas d'estimation | Cumul emploi retraite | Pensions de réversion |
|----------------------------|----------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>TRAJECTOIRE</b>         | ✓(*)                 |                       | trimestriel      |                       |                       |
| <b>DESTINIE /APHRODITE</b> | ✓                    |                       | annuel           |                       | ✓                     |
| <b>PRISME</b>              |                      | ✓                     | mensuel          | ✓                     | ✓                     |
| <b>PABLO</b>               | ✓                    |                       | mensuel          |                       | ✓                     |
| <b>CANOPEE</b>             | ✓                    |                       | mensuel          |                       | ✓                     |
| <b>AGIRC-ARRCO</b>         | ✓                    |                       | mensuel          |                       | ✓                     |

(\*) avec attribution d'une décote ou surcote

Les pensions de droit direct versées sont ensuite calculées. Destinie projette l'ensemble des départs à la retraite, y compris ceux des individus déjà retraités dans la base initiale, afin d'éviter le risque de discontinuité au démarrage de la projection.

Le non-recours aux droits<sup>13</sup> est modélisé dans certains modèles (Trajectoire et Prisme).

Prisme et Destinie évaluent l'éligibilité des assurés au dispositif « minimum vieillesse<sup>14</sup> », et calculent, le cas échéant le montant de l'allocation.

Le cumul emploi retraite n'est simulé que dans le modèle Prisme.

<sup>12</sup> L'âge de départ choisi maximise une fonction d'utilité intertemporelle qui dépend d'un taux de préférence pour le loisir, d'un taux d'aversion pour le risque et d'un taux de préférence pour le présent. Voir le [document n° 7](#) de la séance du COR du 21 mars 2019.

<sup>13</sup> Assurés qui ne liquident jamais leurs droits.

<sup>14</sup> Appelé ASPA depuis 2006 (Allocation de Solidarité aux Personnes Agées).

## **5. Prolongements**

Au fil des séances, de nombreux échanges ont eu lieu entre les modèles (notamment des échanges de données) qui ont permis de mieux comprendre les écarts qui ont pu apparaître sur certains résultats alors que les populations modélisées et les hypothèses de projection étaient communes. Ces échanges ont ainsi eu pour conséquence d'affiner certaines modélisations et d'améliorer la connaissance commune sur le système de retraite. À l'issue des réunions de 2018-2019, les participants au groupe de travail ont ainsi exprimé le besoin de continuer à avoir un lieu de dialogue, animé par le secrétariat général du COR.

Les travaux du groupe, même s'ils sont nécessairement limités par la disponibilité des équipes, seront donc reconduits et aborderont d'autres aspects de la modélisation : les événements démographiques, les pensions de réversion. Les évolutions potentielles des modèles en lien avec la mise en place du RGPU ou encore le développement des techniques de « big data » pourraient également être abordées.