

---

## LES DÉPARTS EN RETRAITE DES FONCTIONNAIRES DES UNIVERSITÉS ET DES ORGANISMES DE RECHERCHE : ESTIMATIONS DES COMPORTEMENTS ET PROJECTIONS

Louis MEURIC (\*), Rémi AVIGNON (\*\*), Romane BEAUFORT (\*\*\*)

(\*) SIES

(\*\*) Ensaë 3e année - ENS Cachan

(\*\*\*) Institut de Démographie de l'Université Paris 1

[louis.meuric@enseignementsup.gouv.fr](mailto:louis.meuric@enseignementsup.gouv.fr)

[remi.avignon@ensae-paristech.fr](mailto:remi.avignon@ensae-paristech.fr)

[romane.beaufort@enseignementsup.gouv.fr](mailto:romane.beaufort@enseignementsup.gouv.fr)

**Mots-clés** : régression logistique, micro-simulation, projections, retraites, réformes

---

### Résumé

Avec les dispositions sur les retraites prises de 2010 à 2014, pour l'ensemble des fonctionnaires, les principaux paramètres juridiques guidant les décisions individuelles de départ ont tous été repoussés, à plus ou moins brève échéance : l'âge d'annulation effectif de la décote (AAD), la durée de cotisation requise, l'âge d'ouverture des droits (AOD) et l'âge limite (AL). Or les modèles de taux de départs jusque-là mis en œuvre au sein du MESRI sur les populations des 120 000 fonctionnaires du MESRI et des organismes publics de recherche (CNRS, INRA, INSERM..., soit les EPST<sup>1</sup>) ne savent pas prévoir les taux de départs des générations futures.

Le SIES (Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation - MESRI) a donc développé des modèles de comportements de départ puis des modèles de projection à 5 ans, par micro-simulation, qui permettent de rendre compte de l'évolution de la législation dans les prévisions ainsi que des différences intergénérationnelles.

Les données mobilisées pour cela ont été extraites des bases des comptes individuels retraites (CIR) de tous les fonctionnaires (partis en retraite ou non) et centralisées par le Service des Retraites de l'État (SRE). Très riches, elles comprennent des informations sur les carrières au sein de la FPE (grades détenus, quotité de travail, congés divers, l'ensemble des droits à bonifications), les caractéristiques personnelles et la situation familiale (situation maritale, date de naissance des enfants, handicap, longue maladie personnelle ou de l'entourage, etc.). En combinant toutes ces données, on peut alors reconstruire des variables socio-économiques, notamment les âges charnières ci-dessus (AOD, AAD et AL) et les durées de service et de cotisations de chaque individu, ce pour les 3 années d'observation 2014 à 2016.

L'information sur le départ en retraite des fonctionnaires du MESRI (la variable dépendante) issue de la base CIR a présenté une exhaustivité quasi-parfaite uniquement à partir de 2014 (l'information sur le départ, légalement enregistrée, figure uniquement dans une autre base individuelle, la base des pensions, difficilement appariale en temps réel) : on est donc contraint de modéliser les départs sur

---

<sup>1</sup>Établissement Public à caractère Scientifique et Technologique (CNRS, INRA, IRD, INSERM, INED...).

les seules années 2014 à 2016, mais pour l'ensemble des générations, contrainte qui rend impossible la mise en œuvre de modèles de panels ou de durée.

On estime plutôt une équation unique de départ sur l'année A d'un individu présent au 31/12 de l'année A-1, ce sur trois coupes successives et empilées (2014 à 2016, dernière année disponible à ce jour) d'une population définie chaque année selon exactement les mêmes critères de champ, les mêmes caractéristiques : titulaires gérés par le MESRI ou un EPST et en poste au 31/12, âgés de 55 ans et plus. De nombreux Service Statistique Ministériel (SSM) estiment ainsi des équations de départs en A (ou en T) des individus présents à la fin de la période précédente. Le fait d'empiler les années sur une période où dérivent les 4 paramètres légaux ci-dessus (durée de cotisation, AOD, AAD et AL) permet en outre de limiter les colinéarités.

La population étant constituée d'individus\*années, on met en œuvre des régressions logistiques avec effets individuels aléatoires, en écrivant la log-vraisemblance via la PROC NLMIXED. De plus, à l'image des modèles de la DEPP, nos modèles intègrent notamment comme variable exogène un « degré d'ouverture des droits », qui positionne l'individu, de 2014 à 2016, par rapport à ses propres dates charnières (AOD, AAD et AL).

Après estimation des modèles, on peut alors calculer, par chaînage, les probabilités individuelles prévues de départ pour les fonctionnaires encore en activité de 2017 à 2021, ainsi que tous les indicateurs souhaités pour les prévisions : nombre de départs, taux de départ âge moyen, taux de remplacement du dernier traitement,... selon le sexe et le corps par exemple.

## Bibliographie

- [1] Albert, Berteau-Rapin, Di Porto (2009). « Prisme, le modèle de microsimulation dynamique de la CNAV ». Caisse nationale d'assurance vieillesse.
- [2] Bardaji, Sédillot et Walraet (2002). "Évaluation de trois réformes du Régime Général d'assurance vieillesse à l'aide du modèle de microsimulation DESTINIE", *Document de travail de la DESE*, G2002/07, Insee.
- [3] Bardaji, Sédillot et Walraet (2003). "Un outil de prospective des retraites : le modèle de microsimulation Destinie ». *Economie & prévision*, 160-161,(4), 193-213.
- [4] Berteau-Rapin, Beurnier, Denayrolles , 2015, « La modélisation des trajectoires professionnelles dans le modèle Prisme », *Économie et statistique*, n° 481-482.
- [5] Blanchet, Bozio, Rabaté. "Les comportements de départs en retraite dans la fonction publique d'Etat." IPP rapport numéro 9.
- [6] Blanchet, Buffeteau, Crenner, Le Minez (2011). « Le modèle Destinie 2 : principales caractéristiques et premiers résultats ». *Economie et Statistique*, (441-442), p. 101–121.
- [7] Blanchet, Didier Pelé (1999). "Social Security and Retirement in France". In Gruber, J. et Wise, D., editors, *Social Security and Retirement around the World*. NBER/The University of Chicago Press.
- [8] Brossard, Oliveau, Grave et Couhin (2016). Une évaluation des réformes des retraites : quelle sensibilité des résultats aux hypothèses ?. *Retraite et société*, 74,(2), 79-115.
- [9] Duc, Lequien, Housset, Plouhinec (2013). « le modèle de microsimulation trajectoire ». Document de travail de la Drees (série Source et méthode).
- [10] Gruber, Wise (1999). *Social Security and Retirement around the World*. NBER/The University of Chicago Press.
- [11] Gruber, Wise (2004). *Social Security Programs and Retirement Around the World : Micro Estimation*. The University of Chicago Press.
- [12] Louvet (2012). "Modélisation des départs en retraite des personnels de l'Éducation Nationale". Série "Méthode" de la DEPP. Document de travail Numéro 2012M04.
- [13] Mahieu, Blanchet (2004). "Estimating Models of Retirement Behavior on French Data". *Social Security Programs and Retirement around the World : Micro-Estimation*, p. 235–284

- [14] Mahieu, Walraet (2005). « Neutralité actuarielle, modification du taux de remplacement et choix de départ à la retraite ». *Revue d'économie politique*, p.213–240.
- [15] Pelé, Ralle (1999). « Les choix de l'âge de la retraite : Aspects incitatifs des règles du régime général et effets de la réforme de 1993 ». *Économie et Prévision*, (138-139), p. 163–177.
- [16] Privat, Pennec et Debrand (2003). "Un modèle de micro-simulation pour la projection des retraites du régime général", *Économie & prévision*, 160-161, 2003-4-5. Micro-simulation: l'expérience française, sous la direction de François Legendre, Jean-Paul Lorgnet et Florence Thibault. pp. 215-230.
- [17] Poubelle, Albert, Beurnier, Couhin et Grave (2006). Prisme, le modèle de la Cnav. *Retraite et société*, n° 48,(2), 202-215.
- [18] Retraites de l'Etat (site web), <https://retraitesdeletat.gouv.fr/> (consulté le 03/06/2018)
- [19] *Dossier solidarité santé N°32 : Les polypensionnés (2012)*  
Manuella BARATON (DREES), "Les polyaffiliés du public et du privé parmi l'ensemble des affiliés des régimes du public"  
Cindy DUC (DREES), "Les conséquences de la polyaffiliation au sein du régime général et des régimes alignés : une analyse par simulation"
- [20] Jérémy Boccanfuso, Antoine Bozio, Thomas Bréda, Clément Imbert, "Les carrières des non-titulaires du secteur public : analyse rétrospective et projections", *RAPPORT IPP N°5 – DÉCEMBRE 2014*

## Remerciements

Nous souhaitons remercier le Service des Retraites de l'État, particulièrement M. Benoît Buisson, pour leur travail de fourniture des données et pour leur disponibilité.

<a href="#">Résumé</a> .....	1
<a href="#">Remerciements</a> .....	3
<a href="#">1. La nécessité de la micro-simulation</a> .....	6
<a href="#">1.1 Calcul de la retraite d'un fonctionnaire</a> .....	6
<a href="#">1.1.1 Âges pivots</a> .....	6
<a href="#">1.1.1.1 Âge d'ouverture des droits</a> .....	6
<a href="#">1.1.1.2 Âge limite</a> .....	6
<a href="#">1.1.2 Durée de cotisation, décote et formule générale</a> .....	6
<a href="#">1.1.2.1 Règles de calcul de la pension : décote, surcote, taux de liquidation et taux de remplacement</a> .....	7
<a href="#">1.1.2.2 Coefficient de proratisation</a> .....	8
<a href="#">1.1.2.3 Formule générale du taux de remplacement</a> .....	8
<a href="#">1.2. La fin des modèles de génération ?</a> .....	9
<a href="#">1.2.1 Les modèles de générations actuellement mis en œuvre au sein du MESRI</a> .....	9
<a href="#">1.2.2 Principales réformes des retraites</a> .....	9
<a href="#">1.2.3 La micro-simulation</a> .....	10
<a href="#">1.2.3.1 Principe</a> .....	10
<a href="#">1.2.3.2 Les avantages de la micro-simulation</a> .....	10
<a href="#">1.2.3.3 Exemples de modèles de micro-simulation</a> .....	11
<a href="#">1.3 Le choix du modèle du SIES : modèle type taux plein</a> .....	11
<a href="#">1.3.1 Revue de littérature</a> .....	11
<a href="#">1.3.1.1 Les modèles de taux plein</a> .....	11
<a href="#">1.3.1.2 Les modèles Stock and Wise à variables d'incitations financières</a> .....	12
<a href="#">1.3.1.3 Les modèles Stock and Wise simplifiés à taux de remplacement cible</a> .....	12
<a href="#">1.3.2 Le SIES et la micro-simulation</a> .....	12
<a href="#">1.3.2.1 La contrainte pour le choix de la méthode : les données disponibles</a> .....	12
<a href="#">1.3.2.2 Un modèle inspiré de celui de la DEPP</a> .....	13
<a href="#">2. Modélisation</a> .....	14
<a href="#">2.1 Définition du champ d'étude</a> .....	14
<a href="#">2.2 Le choix des variables d'intérêt</a> .....	15
<a href="#">2.2.1 Variables d'intérêt et statistiques descriptives</a> .....	15
<a href="#">2.2.1.1 Les variables d'intérêt à tester dans les modèles</a> .....	15
<a href="#">2.2.1.2 Statistiques descriptives : les exemples des âges pivots et du sexe</a> .....	15
<a href="#">2.2.1.3 Liste des variables d'intérêt à tester dans les modèles</a> .....	17

<a href="#">2.2.2 Construction des variables d'intérêt à tester dans les modèles et redressements de la base CIR</a>	19
<a href="#">2.2.2.1 Les durées de cotisations</a>	19
<a href="#">2.2.2.2 Les dérogations</a>	20
<a href="#">2.2.3 Des modèles adaptés pour chaque sous population</a>	20
<a href="#">2.2.3.1 Huit sous populations</a>	20
<a href="#">2.2.3.2 L'option stepwise</a>	21
<a href="#">2.3 Une équation unique pour tous les individus*années</a>	22
<a href="#">2.3.1 Le principe</a>	22
<a href="#">2.3.2 Effet aléatoire individuel et indépendance des résidus</a>	23
<a href="#">2.3.2.1 Le sur-modèle à (in)valider : un modèle logit avec effets aléatoires individuels</a>	23
<a href="#">2.3.2.2 Le test d'indépendance des résidus via la procédure NLMIXED</a>	23
<a href="#">2.4 Présentation des modèles retenus pour les huit sous-populations</a>	25
<a href="#">2.4.1 Les modèles avant l'AOD, les variables retenues, pour les quatre sous-populations</a>	25
<a href="#">2.4.2 Les modèles après l'AOD, les variables retenues, pour les quatre sous-populations</a>	29
<a href="#">2.4.2.1 Agents administratifs des EPST</a>	29
<a href="#">2.4.2.2 Chercheurs des EPST</a>	31
<a href="#">2.4.2.3 Agents administratifs des universités</a>	32
<a href="#">2.4.2.4 Enseignants-chercheurs des universités</a>	34
<a href="#">3 Simulation</a>	36
<a href="#">3.1 Construction et applications des probabilités de départ</a>	36
<a href="#">3.2.1 Bases de simulation</a>	36
<a href="#">3.2.1.1 Constitution des observations</a>	36
<a href="#">3.2.1.2 Constitution des variables</a>	36
<a href="#">3.2.2 Applications des probabilités de départ</a>	36
<a href="#">3.2 Prévision des effectifs et des âges moyens de départ en retraite</a>	38
<a href="#">3.2.1 Prévisions des âges moyens et des effectifs de départ pour les quatre sous-populations (cotisants ayant atteint ou dépassé leur AOD)</a>	38
<a href="#">3.2.2 Comparaison des âges moyens au départ (cotisants ayant atteint ou dépassé leur AOD)</a>	40
<a href="#">3.3 Discussion des résultats</a>	41
<a href="#">3.4. Conclusions et développements ultérieurs</a>	42
<a href="#">Annexes</a>	43
<a href="#">Annexe 1 : Chronologie des réformes des retraites depuis 1982</a>	43
<a href="#">Annexe 2 : Notions relatives au système de retraite et glossaire propre au rapport</a>	44

## 1. La nécessité de la micro-simulation

L'objectif de la mise en place de la micro-simulation au sein du SIES est de répondre à un besoin d'aide à la décision au sein du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (ESR) qui, afin de gérer au mieux ses effectifs, doit anticiper les besoins de recrutement à court terme comme à moyen terme. De plus, les EPST et le MESRI s'inquiètent des départs plus tardifs et difficilement prévisibles pour leurs modèles actuels (modèles de génération qui reconduisent, pour les générations à venir, les taux de départs par âge observés dans le passé).

Dans cette première partie, nous aborderons les différentes réformes qui rendent mouvant les paramètres relatifs au calcul de la pension. Ce bref rappel de la législation nous permettra (1) de justifier l'usage de la micro-simulation dans le cadre de prévision des effectifs et des âges moyens de départ en retraite mais également (2) d'introduire les règles législatives relatives aux variables explicatives que nous présenterons par la suite.

### 1.1 Calcul de la retraite d'un fonctionnaire

#### 1.1.1 Âges pivots

##### 1.1.1.1 Âge d'ouverture des droits

Pour pouvoir partir en retraite, le fonctionnaire doit avoir atteint l'âge d'ouverture des droits (AOD). Cet âge, qui correspond donc à l'âge minimum du droit à la pension, dépend de la date de naissance de l'individu et de la catégorie de service du cotisant (actif ou sédentaire).

Il existe un certain nombre de dérogations à cet âge d'ouverture des droits. En effet un fonctionnaire ayant commencé à travailler tôt et ayant cotisé le nombre de trimestres requis (N) peut bénéficier d'un départ anticipé pour carrière longue. D'autres dispositifs de départs anticipés existent notamment pour : les parents de 3 enfant ou d'un enfant atteint d'une infirmité ou encore pour les personnes atteintes d'une incapacité permanente d'au moins 50 %.

##### 1.1.1.2 Âge limite

À partir de l'âge limite (AL), tout fonctionnaire ou agent contractuel est admis d'office à la retraite. En effet, à cet âge, il est alors rayé des cadres d'office par son administration, sans demande de sa part. Cet âge limite d'activité dépend de la catégorie de service du cotisant ainsi que de la date de naissance de l'individu.

De nouveau, il existe des dérogations à cette limite d'âge. En effet un fonctionnaire peut travailler au-delà de sa limite d'âge s'il possède un ou plusieurs enfant(s) à charge, si son poste est un poste de direction ou encore s'il ne peut justifier d'un nombre suffisant de trimestres liquidables pour bénéficier d'une retraite au taux maximal<sup>2</sup>.

L'AL est toujours situé cinq ans après l'AOD.

#### 1.1.2 Durée de cotisation, décote et formule générale

Certes, l'AOD et l'AL représentent des âges pivots autour desquels on observe une certaine concentration des départs (voir 2.2.1.2 Statistiques descriptives : les exemples des âges pivots et du sexe). Mais ces derniers ne suffisent pas à saisir la complexité des facteurs influençant les décisions individuelles de départ en retraite.

---

<sup>2</sup> Voir Annexe 2 : Notions relatives au système de retraite et glossaire propre au rapport.

### 1.1.2.1 Règles de calcul de la pension : décote, surcote, taux de liquidation et taux de remplacement

Les règles de calcul de la pension sont complexes. Le mieux, pour éviter toute ambiguïté, est de les transcrire sous forme de formules.

Mis en place progressivement à compter de 2006, les dispositifs de décote et surcote symbolisent des incitations financières importantes et influencent en ce sens les comportements de départ en retraite. En effet, la décote (respectivement la surcote) se traduit par une minoration (respectivement majoration) du taux de liquidation (et par extension de la pension). Cette majoration (respectivement minoration) s'applique si le cotisant n'a pas atteint (respectivement a dépassé) son nombre de trimestres requis<sup>3</sup>. Toutefois, à partir d'un certain âge (l'AAD, âge d'annulation de la décote<sup>4</sup>), la décote ne s'applique plus et ce quel que soit le nombre de trimestres cotisés par l'individu.

L'atteinte du nombre de trimestres requis, ou à défaut de son âge d'annulation de la décote « légale », a un impact important sur la pension, plus que le fait d'atteindre la durée de service maximale entrant dans le calcul du coefficient de proratisation (voir 1.1.2.2 Coefficient de proratisation).

La décote est calculée à partir des durées de cotisations en tous régimes (Fonction publique et autres régimes) auxquelles s'ajoutent certaines bonifications<sup>5</sup>. De plus, la décote dépend d'un certain nombre d'autres paramètres tels que, nous l'avons vu, l'AAD<sup>6</sup> et N le nombre de trimestres requis<sup>7</sup> mais aussi le nombre maximum de trimestres de décote ou encore le taux de décote appliqué par trimestres manquants.

Ainsi, nous pouvons résumer ce qui a été exposé ci-dessus par la formule suivante :

$$D \acute{e} c o t e = \delta * \max \{ i, D_{max} \} \quad \text{avec,} \quad (1.0)$$

$\delta$ , taux de décote (fixé par la date de naissance et la catégorie de service de l'individu) et stable à 1,25 % à partir de la génération 1958,

$AAD$ , l'âge légal d'annulation de la décote (fixé par la date de naissance de l'individu et la catégorie de service de l'individu),

$age$ , l'âge du cotisant,

$N$ , le nombre de trimestres requis (fixé par la date de naissance et la catégorie de service de l'individu),

$D_{decote}$ , nombre de trimestres cotisés par l'individu (durée de service et bonifications pris en compte dans le cadre du calcul de la décote),

$D_{max}$ , nombre de trimestres maximum pris en compte dans le calcul de la décote (fixé par la date de naissance et la catégorie de service de l'individu).

<sup>3</sup> Pour désigner l'atteinte de la cotisation cible, nous utiliserons également les expressions suivantes : « annulation de la décote effectif » ou « atteinte du taux plein ».

<sup>4</sup> Définit selon la date de naissance et la catégorie de service de l'individu.

<sup>5</sup> Trimestres supplémentaires de cotisation. Les principales bonifications sont : la bonification pour enfants, dépaysement ou encore les bénéficiaires de campagne.

<sup>6</sup> Par la suite, cet âge sera désigné par l'appellation « âge d'annulation de la décote légal » par opposition à « l'âge d'annulation de la décote effectif » qui correspond à l'annulation de la décote. L'âge d'annulation de la décote effectif peut être obtenu par l'atteinte de la cotisation requise ou par l'atteinte de « l'âge d'annulation de la décote légal ».

<sup>7</sup> On parle aussi de cotisation cible.

La surcote est donnée par :

$$Surcote = s * \max \left[ 0, \min \left[ 4 * (age - AOD), D_{surcote} - N \right] \right] \quad \text{avec,} \quad (2.0)$$

$s$ , taux de surcote qui vaut 1,25 %,

$D_{surcote}$ , nombre de trimestres cotisés par l'individu (durée de service et bonifications pris en compte dans le cadre du calcul de la surcote),

$N$ , le nombre de trimestres requis (fixé par la date de naissance et la catégorie de service de l'individu),

$AOD$ , l'âge d'ouverture des droits (fixé par la date de naissance de l'individu et la catégorie de service de l'individu).

### 1.1.2.2 Coefficient de proratisation

Le coefficient de proratisation est calculé comme suit :

$$CP = \max \left\{ \min \left[ 1, \frac{D_1 + D_3}{N} \right]; \min \left[ \frac{80}{75}, \frac{\max(D_1; N) + D_2}{N} \right] \right\} \quad \text{avec,} \quad (3.0)$$

$D_1$  , la durée de service (dans la Fonction publique),

$D_2$  , les bonifications au titre du cinquième,

$D_3$ , les autres bonifications,

$N$ , le nombre de trimestres requis (fixé par la date de naissance et la catégorie de service de l'individu).

### 1.1.2.3 Formule générale du taux de remplacement

Le [montant de la retraite de base](#) est fonction de l'âge de départ choisi relativement aux âges pivots, de la durée de service<sup>8</sup> (pour le coefficient de proratisation), du revenu de référence conservé et du taux de liquidation (calculé sur la base de la cotisation en Fonction publique). Au-delà de ces paramètres, différentes majorations accessoires<sup>9</sup> peuvent augmenter le montant de la pension.

Au final, le taux de remplacement<sup>10</sup> ( $\tau$ ) d'un fonctionnaire est calculé de la manière suivante :

$$\tau = \left( \frac{\text{pension versée}}{P_0} \right) = t_x * CP * (A + 1) \quad \text{avec,} \quad (4.0)$$

$P_0$ , le salaire de référence pris en compte dans le calcul de la retraite

$t_x$  , le taux de liquidation de 75 % minoré d'une éventuelle décote ou majoré d'une éventuelle surcote

$CP$ , le coefficient de proratisation

$A$ , les majorations accessoires

<sup>8</sup> C'est-à-dire les cotisations dans la Fonction publique.

<sup>9</sup> Majoration pour enfants (si le cotisant a élevé au moins 3 enfants pendant au moins 9 ans) ou majoration pour handicap.

<sup>10</sup> Part du salaire de référence conservée pour la retraite.

## 1.2. La fin des modèles de génération ?

Suite notamment aux réformes des retraites de 2003, 2010 et 2014 (voir Annexe 1 : Chronologie des réformes des retraites depuis 1982), la majorité des paramètres décrits plus haut sont mouvants, rendant ainsi obsolètes les modèles dits de génération.

### 1.2.1 Les modèles de générations actuellement mis en œuvre au sein du MESRI

De nombreux organismes de recherche ainsi que la DGRH du MESRI calculent leurs effectifs de départ en retraite par des modèles dits de génération. Ces derniers reposent sur le calcul, sur une ou plusieurs années passées, des taux de départ en retraite annuels par âge (en distinguant éventuellement par corps et par sexe). Ces taux sont ensuite appliqués aux horizons projetés.

L'hypothèse sous-jacente de non-évolution des taux de départ en retraite par âge pousse à sous-estimer l'effet des réformes sur les âges moyens de départ en retraite. De plus, ces modèles ne prennent pas en compte les effets intergénérationnels induits par les réformes (paramètres juridiques de départ en progression selon les générations). En effet, ce qui est observé aujourd'hui, par la montée en charge des âges pivots et de l'ensemble des paramètres liés à la décote, ne le sera probablement plus demain.

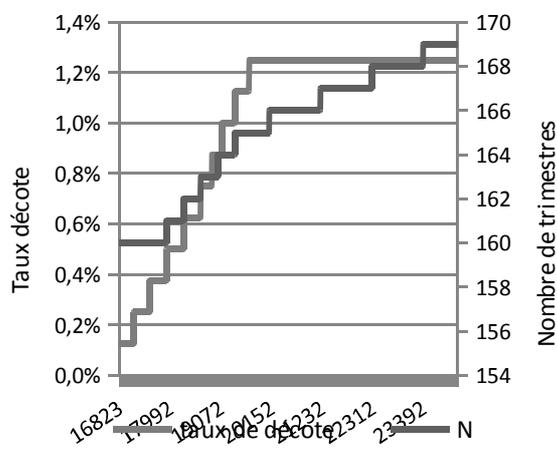
### 1.2.2 Principales réformes des retraites

La mise en place progressive d'une décote par la loi de 2003 s'est accompagnée d'une montée progressive de l'âge d'annulation de la décote « légal » qui dépend de la date de naissance de chaque individu (*Graphique 1*). Il en va de même pour l'AOD et l'AL (*Graphique 1*) qui connaissent également une montée en charge (loi du 9 novembre 2010).

De plus, l'ensemble des paramètres liés à la décote (nombre de trimestres requis pour bénéficier d'une retraite à taux plein, coefficient de minoration de la pension ou encore le nombre maximum de trimestres de décote) connaissent aussi une montée en charge progressive (*Graphique 2*).

La réforme des retraites de 2014, comme les réformes de 1993 et 2003 avant elle, poursuit l'augmentation de la durée de cotisation et de la durée d'assurance tous régimes requises pour bénéficier du taux plein (augmentation à partir de la génération 1958, à raison d'un trimestre toutes les trois générations pour atteindre 172 trimestres pour la génération 1973).

## 2- Montée en charge des paramètres liés à la décote



*Graphiques 1 et 2 - Montée en charge des âges pivots et des paramètres liés à la décote (catégorie de service : sédentaire)*

D'autres dispositions sont prises dans le cadre de ces réformes, mais elles sont sans liens avec la question de la modélisation des décisions de départs, ou elles ne l'impactent pas, notamment par le fait que nous débutons la modélisation à partir de 2014 inclus.

### 1.2.3 La micro-simulation

#### 1.2.3.1 Principe

La micro-simulation repose sur le calcul individuel des probabilités de départs en retraite pour une année donnée selon les caractéristiques de l'individu. Pour cela, elle doit disposer d'une base de cotisants pour lesquels sont renseignées certaines caractéristiques pouvant influencer la décision de départ en retraite (situation familiale, cotisation, position vis-à-vis des âges pivots...). Par la connaissance (sur une année ou plusieurs) des cotisants étant partis en retraite, elle pourra associer les caractéristiques qui influent positivement ou négativement la décision de partir une année donnée, toutes choses étant égales par ailleurs. Pour la population non encore partie en retraite, on pourra alors en déduire (à l'aide de leurs caractéristiques individuelles connues sur les années projetées) les probabilités individuelles futures de départ en retraite.

Ainsi, le principe de la micro-simulation peut être décrit en deux étapes : (1) la modélisation et (2) la simulation.

(1) Une année de référence<sup>11</sup> est utilisée comme base d'apprentissage. Une modélisation micro-économique est réalisée afin d'estimer une ou des équations de départ, avec des paramètres d'intérêt. Parmi les paramètres d'intérêt on trouve des variables comme le degré d'ouverture des droits, la décote estimée, le corps, la situation matrimoniale...

(2) Une fois ces paramètres estimés, ils sont appliqués à la population à risque les années suivantes

afin d'estimer des probabilités de départs individuelles. À partir de ces probabilités nous pouvons no-

tamment calculer les effectifs et les âges moyens au départ pour les années à venir.

#### 1.2.3.2 Les avantages de la micro-simulation

Les décisions individuelles de départ dépendent de multiples facteurs, tels que la durée de cotisation des fonctionnaires, l'âge d'annulation de la décote (et non plus uniquement l'AOD et l'AL), les dérogations éventuelles concernant les âges pivots ainsi que le nombre d'enfants, la situation maritale, le lieu de résidence... Ces facteurs dépendent désormais de l'année de naissance, et la micro-simulation permet de prendre en compte la diversité des situations individuelles et des effets de génération.

De plus, les modèles de micro-simulation, contrairement aux modèles dits de génération, sont dynamiques vis-à-vis des évolutions de la législation : à l'issue de la modélisation et de la simulation, les modèles de micro-simulation offrent de multiples données pour chaque année projetée telles que les effectifs et les âges de départ, montant moyen de la pension, la durée moyenne du droit à une pension... C'est cette diversité de résultats qui entraîne la variété de mission pouvant être confiées aux modèles de micro-simulation.

Cette prise en compte des réformes par les modèles de micro-simulation leur permet d'être des outils d'évaluation rétrospective et prévisionnelle des effets des réformes par la mesure des répercussions sur les retraités et sur les régimes globaux de retraite des évolutions de législation passés et futurs. Ces modèles peuvent ainsi constituer des outils d'aider à la décision.

---

<sup>11</sup> Plusieurs années dans notre cas voir 2.3 Une équation unique pour tous les individus\*années

### 1.2.3.3 Exemples de modèles de micro-simulation

Le premier modèle français de micro-simulation Destinie, développé depuis le milieu des années 1990 par l'Insee, a par exemple été mobilisé pour le suivi des réformes de retraite de 1993 et de 2003. Depuis, de nombreux organismes ont mis au point leur propre modèle de micro-simulation afin de s'adapter à leur population et aux éventuelles réglementations propres à leur régime (modèle Prisme de la Cnav, modèle Ariane de la direction du Budget, modèle Pablo du SRE, modèle Trajectoire de la Drees).<sup>12</sup>

**Le modèle Prisme, développé par la Cnav à partir de 2004, permet, comme le modèle Destinie, de simuler les effets des changements de la législation des retraites. De manière prévisionnelle, il a ainsi permis aux pouvoirs publics de déterminer les contours de la réforme de juillet 2012 relative au dispositif de carrière longue. Dans le cadre d'estimation rétrospective, Prisme a évalué les effets de nombreuses réformes avec, par exemple, l'estimation des effets financiers et des impacts comportementaux des retraités entraînés par les trois réformes successives de 2010, 2012 et 2014. Outre l'évaluation des effets et conséquences des évolutions démographiques, économiques et réglementaires aux échelles individuelle et globale, le modèle Prisme est aussi utilisé en tant qu'outil de prévision de court terme (4 ans) afin d'estimer les dépenses du régime général pour la Commission des comptes de la Sécurité sociale.**

### 1.3 Le choix du modèle du SIES : modèle type taux plein

#### 1.3.1 Revue de littérature

Il existe différents modèles de prévision des départs en retraites des fonctionnaires utilisés au sein de l'administration française. Ces modèles diffèrent quant à la population étudiée mais aussi quant à leur méthodologie. Le rapport de l'Institut des Politiques Publiques publié en 2015 teste différentes classes de modèles de prédiction des départs en retraites au sein de la Fonction publique d'État. Il conclue que la classe de modèles la plus pertinente afin d'effectuer des prédictions à court comme à moyen terme est celle des modèles à "taux de remplacement cible". En nous appuyant sur ce rapport nous présentons ici rapidement les trois grandes classes de modèles utilisés :

- les modèles de taux plein
- les modèles Stock and Wise à variables d'incitation financière
- les modèles Stock and Wise simplifiés à taux de remplacement cible

##### 1.3.1.1 Les modèles de taux plein

Les modèles dits de taux plein sont des modèles qui s'articulent autour de périodes cruciales dans la décision de départ en retraite des individus. Les périodes cruciales les plus utilisées sont : AOD, l'âge d'annulation de la décote effectif et l'AL. Ainsi construits ces modèles cherchent à capturer les incitations financières de départ des individus ainsi que les normes sociales qui entourent les décisions de départ en retraite. Ces modèles sont très utilisés au sein de l'administration française car ils sont faciles à mettre en place et relativement efficaces. Cependant pour que l'efficacité de ces modèles soit garantie, il faut qu'il existe de réelles ruptures d'incitation au départ aux âges pivots utilisés. Les modèles Destinie de l'INSEE Blanchet et al. (2011), Prisme de la CNAV Albert et al. (2009), Trajectoire de la DRESS Duc et al. (2013) sont issus de la classe des modèles à taux plein.

---

<sup>12</sup>Dans ce cadre, Destinie voit ses objectifs évoluer et devient avec la création de Destinie 2, un outil de simulation des trajectoires individuelles à long terme afin de s'axer notamment sur des problématiques liées au vieillissement.

Outre la simplicité de mise en œuvre de ces modèles, le rapport de l'IPP met en avant deux justifications théoriques à leur utilisation. D'abord, ces modèles ont été mis en place avant la réforme de 2003 (introduction de la surcote). Avant cette réforme, l'âge d'annulation de la décote effectif jouait un rôle très important puisqu'il n'y avait aucune incitation financière à continuer au-delà de cet âge. Ensuite, les auteurs avancent que l'âge de départ à taux plein est considéré par la société comme l'âge "normal" de départ à la retraite et que les individus ont tendance à s'y conformer.

#### 1.3.1.2 Les modèles Stock and Wise à variables d'incitations financières

La faiblesse des modèles à taux plein présentés précédemment est qu'ils ne prennent pas en compte l'impact d'une réforme affectant le taux de remplacement. Ainsi, si le taux de remplacement du départ à taux plein diminuait fortement les comportements prédits par ces modèles ne seraient pas af-

fectés. À l'inverse, la classe de modèle dite "Stock and Wise" repose sur les incitations financières de

départ en retraite des individus et sur un arbitrage inter-temporel des individus entre revenu et loisir. Les variables estimées sont le taux d'actualisation des individus, leur probabilité de survie à chaque période, leur degré de préférence pour le loisir ainsi que la valeur actualisée de leurs revenus salariaux et de leurs flux de pensions. Ce type de modèle peut être mis en place pour prévoir l'impact de réformes à long terme, il est en revanche peu utilisé pour des prévisions à court et moyen terme. Ces modèles ont notamment été mis en œuvre par le Social Security Programs and Retirement (2004) et sur des données françaises par Mathieu et Blanchet (2004) et Mathieu et Walraet (2005).

#### 1.3.1.3 Les modèles Stock and Wise simplifiés à taux de remplacement cible

Ces modèles sont proches des modèles à incitations financières présentés précédemment mais n'estiment que deux paramètres : le taux de remplacement cible et le taux de surcote. Leur principal avantage vient du fait qu'ils sont plus simples à estimer que les modèles à incitations financières.

### 1.3.2 Le SIES et la micro-simulation

#### 1.3.2.1 La contrainte pour le choix de la méthode : les données disponibles

Le SIES étudie une population très particulière, aux effectifs réduits et avec des parcours très typés : un début de carrière souvent comme contractuel, de nombreuses situations de pluriactivité, des allers retours très fréquents entre divers types d'établissements gérés différemment, avec éventuellement des problèmes transitoires de suivi de carrière.

Pour la mise en place des modèles, nous devons donc mobiliser des données extrêmement riches, extraites des bases des comptes individuels retraites (CIR) de tous les fonctionnaires et centralisées par le Service des Retraites de l'État (SRE).

Ces données sont en effet très riches. Individuelles et anonymisées, elles comprennent des informations sur : la carrière complète de l'individu (grades, quotité de travail, congés, l'ensemble des droits à bonifications), les caractéristiques personnelles (date de naissance, sexe) ainsi que la situation familiale (situation maritale, date de naissance des enfants, etc.).

Cependant, l'information sur le départ en retraite des fonctionnaires du MESRI (la variable endogène, d'intérêt) issue de la base CIR a présenté une exhaustivité quasi-parfaite uniquement à partir de 2014 (l'information sur le départ, légalement enregistrée, figure uniquement dans une autre base individuelle, la base des pensions, difficilement appariable en temps réel) : on est donc contraint de modéliser les départs sur les seules années 2014 à 2016, mais pour l'ensemble des générations,

contrainte qui rend impossible la mise en œuvre de modèles de panels ou de durée. Nous appliquerons ensuite les résultats des modélisations issues de ces trois années à une base de simulation (formée des individus non partis) sur les années 2017 à 2021.

Quant aux variables exogènes (carrières, situation personnelle), même pour des fonctionnaires âgés de 50 ans et plus, elles ne sont pas de qualité parfaite dans la base CIR des comptes individuels retraites, alors qu'elles sont parfaites, par construction, dans une autre base du SRE, celle des titulaires partis (ou base des pensions liquidées) ; mais elles le sont seulement pour les partis, et non pour les titulaires encore en activité. Ne souhaitant pas avoir des variables exogènes de qualité hétérogène justement selon le critère à expliquer, nous nous sommes donc interdit d'utiliser les informations des bases de titulaires partis.

Au final, à partir des données des bases CIR fournies par le SRE, nous pouvons reconstruire des variables socio-économiques synthétiques, notamment les âges charnières et les durées de cotisations de chaque individu, qui influent sur la décision de départ en retraite des agents.

### 1.3.2.2 Un modèle inspiré de celui de la DEPP

Le SIES a donc développé des modèles de comportements de départ puis des modèles de projection à horizon 5 ans par micro-simulation, en tenant compte de l'évolution du contexte législatif. Le modèle de prédiction proposé au SIES s'inspire de celui développé par la Direction de l'Évaluation, de la Prospective et de la Performance du Ministère de l'Éducation Nationale (DEPP).

Le modèle que nous développons se rattache aux modèles de type « taux plein », mais nous souhaitons y introduire une variable quantitative « taux de remplacement ».

Le modèle micro-économique de comportements de départ est un modèle logit :

$$\ln \frac{p}{1-p} = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_n * X_n + u_i \quad , \text{ avec} \quad (5.0)$$

$p$  la probabilité de partir en retraite au cours de la l'année d'observation,  $X_i$  les variables d'intérêt de l'individu  $i$ ,  $\beta_k$  les coefficients de régression calculés.

## 2. Modélisation

Dans un premier temps nous définirons notre champ d'étude et nous décrirons les variables retenues pour les modèles. Dans un second temps, nous discuterons de l'usage de la régression dans le cadre particulier d'une base d'apprentissage formée de plusieurs années. Enfin, nous présenterons les modèles retenus pour la simulation.

### 2.1 Définition du champ d'étude

Le SRE suit dans ses bases l'ensemble des fonctionnaires de la Fonction publique d'Etat. Ainsi, il a été nécessaire d'extraire de ses bases une sous base se limitant à notre champ que l'on a défini comme suit :

**L'ensemble des titulaires de la Fonction publique, âgés de 50 ans et plus et gérés par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche ou par d'autres ministères et affiliés à un corps relevant de l'ESR.**

En premier lieu, nous avons exclus les individus n'appartenant pas à des unités de gestion rattachées au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Par la porosité existante entre l'ESR et d'autres ministères, ce seul traitement laissait certains corps sous représentés relativement aux statistiques fournies par la DGRH. Nous avons donc inclus des individus en position au sein d'autres ministères (en particulier le Ministère de la Culture) ayant des corps pouvant être directement rattachés à l'ESR. Une fois cette étape terminée nous avons validé notre champ d'étude. Celui-ci est proche des statistiques de la DGRH (*Tableau 1*).

*Tableau 1* - Effectifs de fonctionnaires de 50 ans et plus à fin 2015 au sein de l'université selon les sources

BIATSS	DGRH	Base SRE	DGRH-base SRE	% écart à DGRH
AAE	4 708	5 360	652	12%
ADJAENES	15 382	16 001	619	4%
ASI	1 163	1 125	-38	-3%
ASSAE	1 061	1 028	-33	-3%
ATRF	10 445	10 320	-125	-1%
BIB BIBAS	805	770	-35	-5%
CONSER	548	569	21	4%
CTSSAE	355	381	26	7%
IGE	2 851	2 566	-285	-11%
IGR	1 370	1 260	-110	-9%
INF	4 030	4 172	142	3%
MAG	805	826	21	3%
MEN MENCT	937	979	42	4%
SAENES	7 844	8 033	189	2%
TECH	4 814	4 167	-647	-16%
<b>Sous total</b>	<b>57 118</b>	<b>57 557</b>	<b>439</b>	<b>0,8%</b>
Enseignant-chercheur	DGRH	Base SRE	DGRH-base SRE	% écart à DGRH
MCFGE	141	119	-22	-18%
MCFU	9 886	9 804	-82	-1%
MCUPH	758	755	-3	0%
PRGE	473	438	-35	-8%
PRU	9 627	9 358	-269	-3%
PUPH	3 381	3 155	-226	-7%
<b>Sous total</b>	<b>24 266</b>	<b>23 629</b>	<b>-637</b>	<b>-2,7%</b>
<b>Total</b>	<b>81 384</b>	<b>81 186</b>	<b>-198</b>	<b>-0,2%</b>

## 2.2 Le choix des variables d'intérêt

Afin de pouvoir prédire les départs en retraite des fonctionnaires de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, il est nécessaire de saisir au mieux quelles sont les incitations qui affectent les décisions des agents. Pour cela, nous présentons quelques statistiques descriptives des principales variables retenues pour les modèles de régression. Nous verrons ensuite qu'il est nécessaire de diviser notre champ en sous populations.

### 2.2.1 Variables d'intérêt et statistiques descriptives

#### 2.2.1.1 Les variables d'intérêt à tester dans les modèles

À partir de l'ensemble des données dont nous disposons, nous nous sommes efforcés de construire

des variables synthétiques pouvant expliquer au mieux les comportements de départ en retraite. Nous pouvons en distinguer deux types :

- Des variables propres à l'individu: le sexe, le nombre d'enfants, le statut marital, le corps, le lieu de résidence, le droit à des dérogations après l'AL... Le genre mis à part, les autres variables sont à ce stade supposées fixes dans le temps ; cette hypothèse n'est pas trop forte puisque l'on modélise les départs sur des titulaires de 55 ans et plus.
- Des variables évoluant dans le temps : l'âge, le taux de remplacement, le fait d'avoir atteint ou non un taux plein l'année considérée, la durée de cotisation tous régimes, la cotisation dans le privé<sup>13</sup>, le degré d'ouverture des droits<sup>14</sup>, le droit au dispositif de carrière longue...

#### 2.2.1.2 Statistiques descriptives : les exemples des âges pivots et du sexe

Les âges pivots (AOD et AL) captent une part importante des départs. Parmi nos exactement 21 593 cotisants partis entre 2014 et 2016, nous en avons respectivement 8 et 12 % qui sont partis à leur AOD ou à leur AL.

22 % des départs ont lieu avant l'AOD tel qu'il est attribué par la date de naissance de l'individu. Ces départs anticipés peuvent être expliqués. Pour ne citer qu'une dérogation<sup>15</sup>, près de la moitié de ces départs sont constitués d'individus qui pouvaient bénéficier du dispositif de carrière longue.

37 % ont eu lieu entre l'AOD et l'AL. Ces départs ont pu être motivés par l'annulation de la décote. Sur nos 21 000 partis, un pensionné sur cinq est parti alors qu'il avait une décote tandis qu'un tiers avait le taux plein l'année de son départ.

Enfin, 20 % des départs ont eu lieu après l'AL. Les enseignants des universités représentent 57 % de ces départs tardifs (alors qu'ils ne représentent que 8 % des autres départs). Le nombre d'enfants à

---

<sup>13</sup> De manière descriptive, nous pouvons montrer que les polycotisants (qui ont cotisé à la fois dans le public et le privé) partent en moyenne plus tard.

<sup>14</sup> Voir 2.2.1.3 Liste des variables d'intérêt retenues.

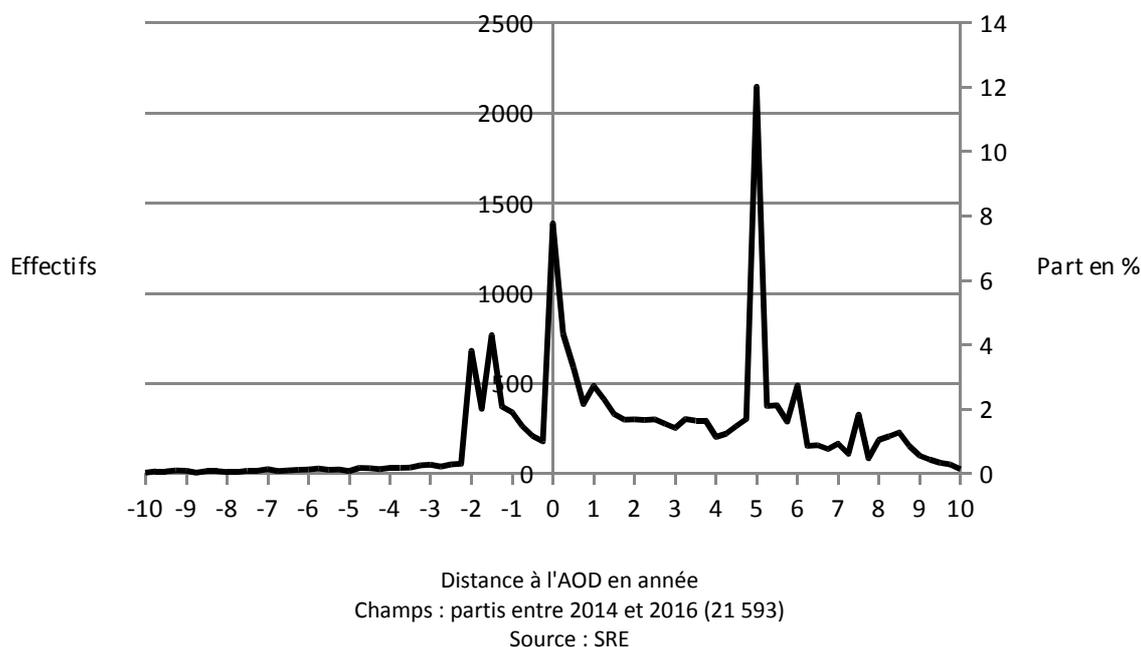
<sup>15</sup> Voir 2.2.1.3 Liste des variables d'intérêt retenues.

charge ou le fait d'avoir 3 enfants ou plus<sup>16</sup> nous permettent également de connaître quels sont les individus susceptibles de partir après l'AL.

---

<sup>16</sup> Ces deux éléments permettent d'obtenir des dérogations à l'AL.

Graphique 3 - Effectifs et parts des départs en retraite en fonction de la distance à l'AL (arrondi au trimestre)



60 % de nos pensionnés (et de nos cotisants également) sont des femmes. Celles-ci semblent plus sensibles à l'AOD tandis que leurs homologues masculins semblent plus sensibles à l'AL. Si huit femmes sur dix partent avant l'AL, ce n'est le cas que de cinq hommes sur dix. Entre outre, les hommes sont proportionnellement trois fois plus nombreux que les femmes à partir après l'AL (Tableau 2).

Il en résulte que les femmes partent en moyenne entre 1 an et 3 mois plus tôt que les hommes.

Tableau 2 - comportements de départ en retraite selon le sexe

	Femmes	Hommes	Ensemble
Avant l'AOD	26,0 %	18,0 %	22,9 %
A l'AOD	10,8 %	5,1 %	8,6 %
Entre l'AOD et l'AL	40,8 %	30,9 %	37,0 %
A l'AL	10,5 %	13,9 %	11,8 %
Après l'AL	11,9 %	32,2 %	19,9 %
Âge moyen au départ	62,6 ans	64,0 ans	63,1 ans
Effectifs	13 101	8 462	21 563

Champs : partis entre 2014 et 2016 (21 593)  
 Source : SRE

### 2.2.1.3 Liste des variables d'intérêt à tester dans les modèles

Afin de capter au mieux les décisions individuelles de départ en retraites, nous avons construit à partir des bases de données du SRE, puis testé dans nos modèles, les variables d'intérêt suivantes :

*Variables communes aux modèles avant et après AOD :*

- `sexecode` qui est une variable binaire prenant la valeur "M" pour un homme et "F" pour une femme.
- `conj` qui vaut 1 si la personne a eu un conjoint entre 2014 et 2017, 0 sinon.
- `nb_enfant` qui vaut le nombre d'enfants (légitimes ou adoptés) affiliés à l'individu dans nos bases. Ce nombre d'enfants a été borné à huit.
- `pension` qui vaut le taux de remplacement espéré à la fin de l'année d'observation.

Cette variable, significative pour les deux sous-populations des administratifs et enseignants d'universités, n'apparaît pas encore dans les modèles finaux, car nous souhaitons tester la pertinence de l'intégrer au travers d'une fonction plus complexe (par une fonction bornée, par des variantes avec des fonctions concaves ou convexes,...). Rappelons cependant qu'en première approximation et pour la majorité de nos cotisants, cette variable est une fonction convexe de la durée de service.

- `cot_privee` qui vaut le nombre de trimestres cotisés par l'individu dans le privé depuis l'âge des 13 ans jusqu'au 31 décembre 2015. Une variante avait été testée (descriptivement) avec succès par l'IPP.
- `corps_model` qui est une variable catégorielle de regroupement de corps. Certains corps aux caractéristiques sociodémographiques proches ont été regroupés afin de faciliter la lecture des modèles.
- `lieu` qui est une variable catégorielle qui vaut, pour les administratifs et les enseignants chercheurs des universités, respectivement "DOM", "IDF" ou "Province" si l'université de rattachement du dernier poste référencé pour l'individu est située dans les départements outre-mer, en Île-de-France ou ailleurs.
- `IDF` qui est une variable binaire qui, pour les administratifs et les enseignants chercheurs des universités, vaut 1 si l'université de rattachement du dernier poste référencé pour l'individu est située en Île-de-France, 0 sinon.
- `EPST` qui est une variable à cinq modalités qui, pour les administratifs et les chercheurs des EPST, vaut respectivement "CNRS", "IRD", "INRA", "INSERM" ou "Autres" si l'EPST de rattachement du dernier poste référencé pour l'individu est le CNRS, l'IRD, l'INRA ou l'INSERM ou bien l'INED, l'IFSTTAR, l'INRIA et l'IRSTEA, qui sont des petits EPST.

*Variables propres aux modèles après AOD :*

- `indi_1` qui vaut 1 si l'année d'observation pour l'individu est celle de son AOD, 0 sinon.
- `indi_2` qui vaut 1 si l'année d'observation pour l'individu est une année comprise strictement entre son AOD et son AL, 0 sinon.

- `indi_3` qui vaut 1 si l'année d'observation pour l'individu est celle de l'annulation effective de sa décote, 0 sinon. On a toujours  $AOD \leq AAD < AL$ .
- `indi_4` qui vaut 1 si l'année d'observation pour l'individu est une année comprise strictement entre son AAD et son AL.
- `indi_5` qui vaut 1 si l'année d'observation pour l'individu est celle de l'AL, 0 sinon.
- `indi_6` qui vaut 1 si l'année d'observation pour l'individu est postérieure à l'AL, 0 sinon.
- `indi_7` qui vaut 1 si l'année d'observation pour l'individu est celle de l'AL+1, 0 sinon.
- `indi_7b` qui vaut 1 si l'année d'observation pour l'individu est celle de l'AL+1 à condition que l'individu ait potentiellement une dérogation pour poursuivre son activité jusqu'à l'AL+1, 0 sinon.
- `indi_8` qui vaut 1 si l'année d'observation pour l'individu est postérieure à l'AL+1, 0 sinon.
- `indi_8b` qui vaut 1 si l'année d'observation pour l'individu est postérieure à l'AL+1 à condition que l'individu ait potentiellement une dérogation pour poursuivre son activité au-delà l'AL+1, 0 sinon.
- `indi_9` qui vaut 1 si l'année d'observation pour l'individu est celle de l'AL+3, 0 sinon.
- `indi_10` qui vaut 1 si l'année d'observation pour l'individu est postérieure à l'AL+3, 0 sinon.

Il y a plusieurs sources de colinéarités entre ces différentes indicatrices. Par exemple, les 4 catégories 1, 2, 5 et 6 sont les 4 modalités d'une variable de catégorie. La sélection *stepwise* permet d'éviter ces colinéarités. De plus, au moyen du *stepwise*, on teste la significativité de sous modalités supplémentaires au travers des indicatrices `i.3`, `i.4` et `i.7` à `i.10` et, on le verra plus loin, il en retient toujours assez peu. Enfin, les résultats sur les choix de sous-modalités opérés par le *stepwise* sont conformes à ce qu'on observe en statistiques descriptives. Ces deux résultats sont de nature à rassurer.

#### *Variables propres aux modèles avant AOD :*

- `age` qui vaut l'âge de l'individu au 31 décembre de l'année considérée.
- `dero_aod` qui vaut respectivement "**Handicap**", "**Maladie**" ou "**Carrière longue**" si l'individu peut éventuellement bénéficier d'un départ anticipé pour handicap, maladie incurable ou pour droit au dispositif de carrière longue. La modalité citée par ordre de priorité : par exemple, si l'individu a droit à une dérogation pour handicap et pour carrière longue alors la variable prendra la valeur "**Handicap**". Enfin si l'individu n'a le droit à aucune dérogation pour départ anticipé, `dero_aod` vaut "**Aucune**". Les informations précises sur le handicap et la maladie incurable ne sont pas connues, mais on peut en construire un proxy au travers de différentes bases, décrivant les types de postes et les natures de congés pris. De même, pour la carrière longue, l'intégralité des postes occupés dans le public et dans le privé a permis d'approcher l'éligibilité à un tel dispositif.
- `dero_aod_enfant` qui vaut 1 si l'individu a droit à un départ anticipé en qualité de parent de 3 enfants, 0 sinon.
- `soixante_ans` qui vaut 1 si l'individu a atteint ou dépassé les soixante ans l'année considérée, 0 sinon.

## 2.2.2 Construction des variables d'intérêt à tester dans les modèles et redressements de la base CIR

Afin de construire des variables d'intérêt adaptées à la législation, nous avons exploité la richesse des bases de données fournies par le SRE.

Qu'il s'agisse du calcul des cotisations ou encore d'indicatrices révélant pour les individus des droits à d'éventuelles dérogations (telles que – pour n'en citer que deux - celles relatives aux départs anticipés ou au contraire pour poursuivre son activité au-delà de l'AL), nous avons cherché à produire des variables cohérentes avec la législation permettant, nous le verrons, de prédire au mieux les comportements de départ en retraite.

Ces calculs (avec les redressements indispensables) ont représenté plus de la moitié du travail de l'étude.

### 2.2.2.1 Les durées de cotisations

Les durées de cotisations (dans la Fonction publique et en tous régimes) représentent des données indispensables à la construction de nombreuses variables d'incitation financière telles que l'annulation effective de la décote, le taux de remplacement, le coefficient de proratisation, l'accès au dispositif carrière longue....

Pour les calculer, nous disposons notamment :

- De l'ensemble des postes des individus dans la Fonction publique. Ces derniers sont datés et de nombreuses précisions sont données (taux d'activité, catégorie de service de l'agent, temps de travail, ..).
- Des périodes de cotisations dans le privé (la variable `trima`, qui représente une large majorité de ces cotisations, qui est affecté à des dates ; tandis que la variable `trimnonas` est non affecté).
- Des différentes durées de bonifications. Celles-ci sont datées mais à noter que les bonifications pour enfant n'y figurent pas et doivent être calculées.
- Du nombre d'enfant(s) (légitimes, adoptés, au conjoint...) rattaché(s) à l'individu ainsi que la date du lien.

À partir de ces informations, nous avons pu reconstituer la carrière des individus et calculer le montant de leur cotisation à la fois dans le privé et dans la Fonction publique en prenant en compte au mieux les règles qui régissent ces derniers. Par exemple, nous avons adapté le montant des bonifications accordées pour enfant selon que celui-ci était né lors d'un emploi dans le public ou dans le privé.

Nous avons aussi reconstitué une année théorique de début de carrière (public et privé) et avons exclus des analyses quelques individus qui avaient commencé à travailler à 13 ans ou avant.

### 2.2.2.2 Les dérogations

D'autres variables synthétiques ont été construites pour expliquer les départs anticipés (avant l'AOD tel qu'il est défini par la date de naissance et la catégorie de service de l'individu) ou encore les départs tardifs (après l'AL avec des dérogations pour enfants à charge ou pour plus de trois enfants). Nous prendrons ici l'exemple d'une dérogation pour départ après l'AL.

Outre le dispositif de carrière longue, des départs tardifs peuvent être accordés aux parents de trois enfants ou d'enfant à charge. Or, dans le cadre de cette dernière dérogation, un enfant est considéré comme à charge s'il donne droit à des prestations familiales. Ne disposant pas de cette information, nous avons considéré qu'un enfant à charge était un enfant âgé de moins de 22 ans. Des statistiques descriptives montrent qu'il s'agit d'un critère pertinent pour approcher les dérogations décrites par la législation (en effet, parmi les départs à l'AL+1, 14 % ont un enfant ainsi défini à charge contre 3 % des partis avant l'AL+1).

### 2.2.3 Des modèles adaptés pour chaque sous population

#### 2.2.3.1 Huit sous populations

Notre champ, constitué de l'ensemble des titulaires de la Fonction publique en poste au sein du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, est formé de fonctionnaires en EPST<sup>17</sup> et en université, de leurs chercheurs et de leurs agents administratifs.

Ainsi, nous pouvons diviser notre population en quatre sous populations, qui se distinguent selon leur corps d'appartenance :

- Les agents administratifs des EPST
- Les chercheurs des EPST
- Les corps des BIATOSS de l'Enseignement supérieur et de la recherche, qu'ils soient affectés à l'Education nationale ou dans l'Enseignement supérieur : par commodité, ils sont désormais dénommés « agents administratifs des universités »
- Les enseignants-chercheurs des universités

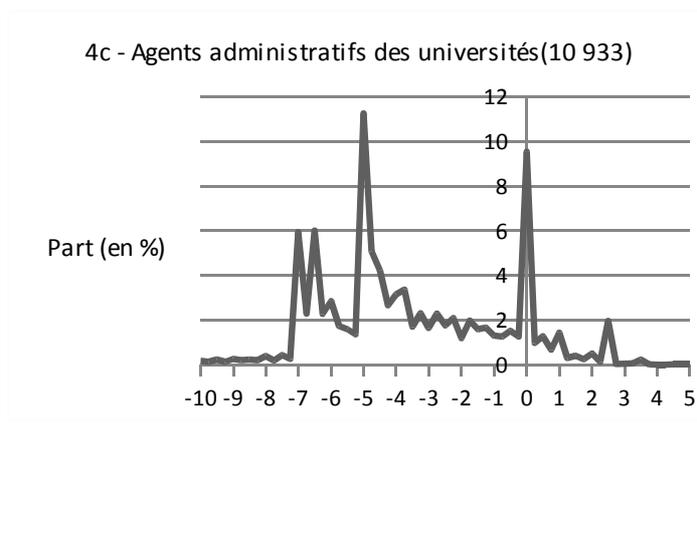
Nous observons que ces quatre sous populations ont des comportements de départ en retraite très différents vis-à-vis des âges pivots. Ainsi, si trois agents administratifs<sup>18</sup> sur dix partent à l'AOD ou avant celui-ci, ce n'est le cas que d'un chercheur sur vingt. A l'opposé, 70 % des chercheurs partent à l'AL ou après quand ce n'est le cas que de 25 % des agents administratifs. Les chercheurs des EPST semblent peu sensibles à l'AOD. Enfin, il existe de nombreux départs très tardifs (après AL+3) chez les enseignants chercheurs des universités (23 % des départs observés contre 1 % chez les autres populations).

Ces différences nous poussent à créer des modélisations adaptées à chacune de ces populations. De plus, nous distinguerons au sein de chacune d'elles les départs avant et après AOD.<sup>19</sup>

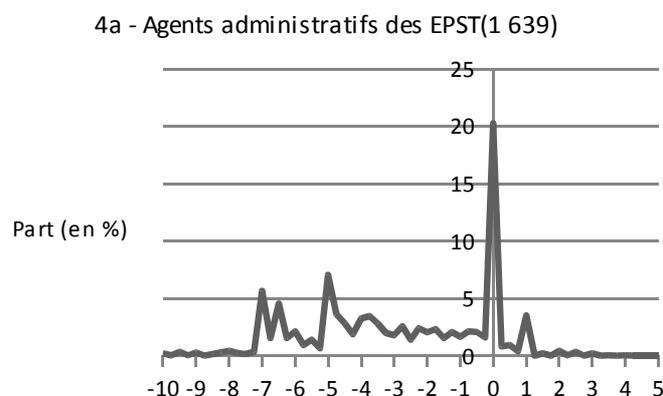
---

<sup>17</sup> Établissement Public à caractère Scientifique et Technologique (CNRS, INRA, IRD, INSERM, INED...).

<sup>18</sup> EPST et universités confondus.



Graphiques 4a à 4d - Répartitions des départs en retraite en fonction de la distance à l'AL des quatre sous populations



Champs : partis entre 2014 et 2016 (21 593)

Source : SRE

Lecture : les effectifs des départs pour chaque population sont donnés entre parenthèse.

### 2.2.3.2 L'option stepwise

Afin d'avoir des modèles dynamiques en fonction de nos différentes populations, nous avons cherché à créer des variables explicatives adaptatives. Par exemple, le jeu d'indicateurs rendant compte du degré d'ouverture sera différent pour les chercheurs des EPST de celui utilisé pour les enseignants-chercheurs des EPST. En effet, si nous observons un pic de départs tardifs à l'AL+1 pour les premiers, nous l'observons à l'AL+3 pour les seconds.

De même, certaines variables que nous pourrions intuitivement proposer à la régression pour toutes nos populations risquent ni de connaître la même significativité ni d'être articulées de la même manière pour nos différentes populations. Il nous apparaît qu'une sélection automatisée des variables explicatives les plus significatives par l'option *stepwise* soit particulièrement adaptée. L'option *stepwise* veille, dans ces choix, à ne pas conserver des variables corrélées linéairement entre elles.

Ce type de procédure sélectionne pas à pas les variables retenues. En partant d'un modèle sans variable explicative, l'algorithme ajoute (ou non) à chaque pas une nouvelle variable explicative. À chaque nouvelle étape, la variable ajoutée est celle qui conduit à la plus grande amélioration de l'ajustement de la régression selon un critère donné. L'ajout de variable est interrompu lorsqu'il ne conduit plus à une amélioration du critère choisit.

<sup>19</sup> Une année donnée, un individu est considéré comme faisant parti de la population après AOD si cette année-là il atteint son AOD ou s'il l'a déjà atteint. Dans le cas contraire, il appartient à la population avant AOD.

Le critère que l'on a sélectionné pour cette procédure est le critère AIC.

$$AIC=2k-2\log(L) \quad (6.0)$$

Avec k le nombre de variables explicatives et L la vraisemblance du modèle<sup>20</sup>.

Les résultats du *stepwise* doivent toutefois être contrôlés et, notamment, rester conformes à l'intuition et aux statistiques descriptives.

## 2.3 Une équation unique pour tous les individus\*années

### 2.3.1 Le principe

Des SSM tels que la Depp et la Drees estiment des équations de départs en A+1 des individus présents à la fin de la période précédente. Ils utilisent alors pour cela des modèles logit similaires au nôtre.

Rappel, l'équation de départ est :

$$\ln \frac{p}{1-p} = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_n * X_n + u_i \quad \text{avec,} \quad (7.0)$$

$p$  la probabilité de partir en retraite au cours de la l'année d'observation,  $X_i$  les variables d'intérêt de l'individu  $i$ ,  $\beta_i$  les coefficients de régression calculés.

On estime cette équation unique de départ sur l'année A d'un individu présent au 31/12 de l'année A-1, ce sur trois coupes successives et empilées (2014 à 2016, dernière année disponible à ce jour) d'une population définie chaque année selon exactement les mêmes critères de champ, les mêmes caractéristiques : titulaires gérés par le MESRI ou un EPST et en poste au 31/12, âgés de 55 ans et plus.

Les populations ainsi définies 2014, 2015 et 2016 sont susceptibles de présenter exactement la même équation de départ, avec les mêmes valeurs de paramètre. Le fait d'empiler les années sur une période où dérivent les 4 paramètres légaux (durée de cotisation, AOD, AAD et AL) permet en outre d'éviter que les coefficients associés à ces paramètres ne soient trop dépendants des conditions du moment ou ne prennent des valeurs influencées par telle ou telle génération.

Nous réalisons la modélisation à partir des huit bases d'apprentissage (quatre populations théoriques d'individus, avant ou après l'AOD). L'unité d'observation de ces bases est donc un individu\*année où chaque individu peut apparaître une à trois fois :

- Un individu parti en 2016 apparaît trois fois dans la base avec les valeurs (0, 0, 1) pour les variables de départ
- Un individu parti en 2015 apparaît deux fois dans la base avec les valeurs (0, 1) pour les variables de départ
- Un individu parti en 2014 apparaît une fois dans la base avec la valeur 1 pour les variables de départ

---

<sup>20</sup> L'objectif est de minimiser ce critère où apparaît un arbitrage entre le nombre de variables explicatives et la vraisemblance du modèle.

- Un individu non parti entre 2014 et 2016 apparaît trois fois dans la base avec les valeurs (0, 0, 0) pour les variables de départ

De plus, en raison de la définition des huit sous-populations (ci-dessus), le même individu peut en entrer ou en sortir selon qu'il satisfait ou pas nos critères, et pas uniquement pour des raisons de démographie. Ainsi, les bases d'apprentissage « avant l'AOD » peuvent aussi voir un individu « sortir » entre 2014 et 2016 sans que celui-ci ne parte en retraite : c'est le cas en effet des individus qui atteignent leur AOD et qui sont donc basculés dans la base d'apprentissage correspondant au champ « après AOD ».

On rappelle qu'un individu est considéré comme faisant partie de la population après AOD si l'année considérée il atteint son AOD ou s'il l'a déjà atteint. Dans le cas contraire, il appartient à la population avant AOD.

### 2.3.2 Effet aléatoire individuel et indépendance des résidus

Dupliquer ainsi les individus fait courir le risque que les résidus du modèle ne soient plus i.i.d, mais qu'au contraire ils comportent une part d'effet aléatoire individuel (identique pour chaque fonctionnaire, sur ses 2 ou 3 années de présence). Cela peut être d'autant plus vrai si les variables exogènes ont un faible pouvoir explicatif.

Avant d'aller plus loin, il convient donc de valider/invalidier cette hypothèse.

#### 2.3.2.1 Le sur-modèle à (in)valider : un modèle logit avec effets aléatoires individuels

Le sur-modèle s'écrit :

$$\ln \frac{p}{1-p} = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_n * X_n + v + u \quad \text{où :} \quad (8.0)$$

- $v + u$  est écrit avec avec la bonne indexation :  $v_i + u_{i,t}$  ,
- $v_i$  est l'effet individuel aléatoire (identique pour les 1 à 3 années de présence de l'individu),
- $u_{i,t}$  est le résidu i.i.d pour tous les individus\*années.

#### 2.3.2.2 Le test d'indépendance des résidus via la procédure NLMIXED

Comme la PROC LOGISTIC sous la V9 de SAS ne le permet pas, on écrit la log-vraisemblance via la PROC NLMIXED :

```
proc nlmixed data=apprentissage2;
  parms b0=0 b1=0 b2=0 ... b18=0 sd=1;
  expon= e+b0+b1*age_ref+b2*pension_ref...+b18*poly_28p;
  if depart_ref=1 then LL=-log(1+exp(-expon));
  else LL=-log(1+exp(expon));
  model depart_ref~ general(LL);
  random e~normal(0,sd*sd) subject=pers_id;
run;
```

où la dernière ligne définit l'effet individuel aléatoire  $e = v_i$ , fixe pour chaque individu  $i$ .

Les résultats sont alors les suivants, pour la population des chercheurs des EPST par exemple (Tableaux 3a et 3b).

Dans le deuxième modèle estimé ci-dessous sur les partants après l'AOD, la valeur estimée de l'écart-type de l'effet individuel aléatoire est très faible puisque par exemple très inférieure à celle des coefficients des indicatrices (1 ; 0). Selon nous, cette faible valeur estimée tient au pouvoir explicatif satisfaisant des modèles, et donc pas a priori à une erreur de spécification du modèle.

Dans le premier modèle, estimé sur les partants avant l'AOD, NLMIXED ne converge pas sur une valeur strictement positive de l'écart-type de l'effet individuel aléatoire. Nous avons supposé que cela tenait à sa valeur faible et procéderons à de nouvelles estimations après élimination des points aberrants.

En conclusion, on perd très peu à mettre en œuvre une régression logistique simple.

Tableau 3a – Comparaison résultat PROC NLMIXED et PROC LOGISTIQUE sur la population des chercheurs en ESPT n'ayant pas atteint leur AOD

	<i>Dependent variable :</i>			
	<b>départ en retraite avant l'AOD</b>			
	PROC LOGISTIQUE		PROC NLMIXED	
Conjoint (réf : Célibataire)	1,874*	(0,792)	1,874*	(0,792)
Conjoint_f (réf : Femme ou homme célibataire)	1,924*	(0,759)	1,924*	(0,759)
A atteint ou dépassé 60 ans à la fin de l'année	2,198***	(0,632)	2,198***	(0,632)
Nombre d'enfants	-1,930***	(0,516)	-1,930***	(0,516)
Dérogation (réf : Aucune)				
Pour maladie	3,401****	(0,618)	3,401****	(0,618)
Pour carrière longue	1,213	(0,744)	1,213	(0,744)
Dérogation pour 3 enfants	4,127**	(1,435)	4,127**	(1,435)
Constant	-7,912****	(0,747)	-7,912****	(0,747)
Effets individuels	-	-	-0,00003	(2,505)
Observations	8 399		8 399	
Ind. Schwartz (L0)	157 (234)		-	
Alkaike Inf. Crit. (L0)	214 (241)		215 (241)	

Notes : \*p<0,1 ; \*\*p<0,05 ; \*\*\*p<0,001 ; \*\*\*\*p<0,0001

Tableau 3b – Comparaison résultat PROC NLMIXED et PROC LOGISTIQUE sur la population des chercheurs en ESPT ayant atteint ou dépassé leur AOD

	<i>Dependent variable :</i>			
	<b>départ en retraite à l'AOD ou après</b>			
	PROC LOGISTIQUE		PROC NLMIXED	
Conjoint (réf : Célibataire)	1,036****	(0,108)	1,036****	(0,108)
Nombre d'enfants	-0,410****	(0,046)	-0,410****	(0,046)
Nombre d'enfants femme	0,225****	(0,057)	0,225****	(0,057)
Nombre de trimestres cotisés dans le privé	-0,011****	(0,002)	-0,011****	(0,002)
Entre AOD et AL sans décote	0,390**	(0,136)	0,390**	(0,136)
AL	3,832****	(0,132)	3,832****	(0,132)
Au-delà de l'AL	3,410****	(0,198)	3,411****	(0,198)
AL+1 avec dérogation	1,982****	(0,300)	1,983****	(0,300)
Au-delà de l'AL+1 avec dérogation	1,543**	(0,506)	1,566**	(0,508)
AL+3	1,115*	(0,550)	1,075*	(0,545)
Corps DR (réf : CR)	-0,687****	(0,107)	-0,687****	(0,107)
Constant	-2,142****	(0,130)	-2,142****	(0,130)
Effets individuels	-	-	0,00038	(0,280)

Observations	5 165	5 165
Ind. Schwartz (L0)	3 053 (5 393)	-
Alkaike Inf. Crit. (L0)	3 132 (5 400)	3055 (5400)

Notes : \*p<0,1 ; \*\*p<0,05 ; \*\*\*p<0,001 ; \*\*\*\*p<0,0001

## 2.4 Présentation des modèles retenus pour les huit sous-populations

Le tableau ci-dessous résume les effectifs en jeu dans les 8 modèles. Il y a très peu de départs avant l'AOD, notamment pour les chercheurs et enseignants-chercheurs.

De plus les effectifs dans les modèles avant l'AOD sont bien plus importants que ceux des modèles après l'AOD, car ils sont mesurés sur des populations d'âges plus étendus (entre 55 et 61 ans contre 62 à 68 ans) et très susceptibles de rester longtemps.

S'agissant des ratios en 3<sup>e</sup> colonne, tout ce qu'on peut en dire est qu'ils sont une fonction décroissante d'un temps de présence moyen sur chaque période.

Tableau 4 –Effectifs en jeu dans les huit modèles

		année * in- dividus	individus partis	Part des partis dans les observations
Modèles avant AOD	Agents administratifs des EPST	11 200	303	2,7 %
	Chercheurs des EPST	8 399	16	0,2 %
	Agents administratifs des universités	74 930	2 752	3,7 %
	Enseignants-chercheurs des universités	22 195	93	0,4 %
Modèles à l'AOD ou après	Agents administratifs des EPST	4 692	1 336	28,5 %
	Chercheurs des EPST	5 165	1 116	21,6 %
	Agents administratifs des universités	26 710	8 181	30,6 %
	Enseignants-chercheurs des universités	19 638	3 734	19,0 %

### 2.4.1 Les modèles avant l'AOD, les variables retenues, pour les quatre sous-populations

**L'âge** : Pour les départs avant l'âge d'ouverture des droits, l'âge est une donnée centrale. En continu, il permet d'approcher notamment la santé de l'individu et ainsi, plus l'individu est âgé, plus sa probabilité de partir est grande. De plus, les départs avant l'AOD ont majoritairement lieu après soixante ans (c'est le cas de 80 % des cotisants partis avant l'AOD) ; nous retrouvons cet élément dans les régressions.

**Cotisation privée** : Plus l'individu a cotisé de trimestres dans le privé, plus celui-ci aura tendance à partir tard en retraite. En effet, à durée de cotisation tous régimes équivalente, les règles de calcul du taux de remplacement défavorisent les polycotisants vis-à-vis des monocotisants du public.

**Dérogations** : Les variables construites indiquant la possibilité pour les individus de bénéficier d'un départ anticipé ressortent comme significatives. Lorsqu'un individu a commencé à cotiser assez tôt et qu'il réunit un nombre suffisant de trimestres à l'âge de départ anticipé envisagé (ce qui conditionne le droit au dispositif de carrière longue), sa probabilité de partir en retraite avant l'AOD sera effectivement plus élevée. De même pour les individus parents de trois enfants<sup>21</sup> ou encore pour les individus dont nous avons repéré des périodes de maladie au sein de la carrière.

<sup>21</sup> Il conviendra ultérieurement de veiller à mettre en extinction correctement le dispositif de départ avant l'AOD pour parents de 3 enfants.



Tableau 5a – Régression logistique pour les départs des agents administratifs des EPST n'ayant pas atteint leur AOD

	<i>Dependent variable :</i>	
	départ en retraite	
Conjoint ( <i>réf : Célibataire</i> )	1,257****	(0,137)
Âge en fin d'année	0,883****	(0,059)
Nombre de trimestres cotisés dans le privé	-0,012****	(0,002)
Dérogation ( <i>réf : Aucune</i> )		
Pour maladie	1,371****	(0,174)
Pour carrière longue	1,334****	(0,153)
Corps T ( <i>réf : Ingénieur</i> )	0,738****	(0,133)
Observations	11 200	
Part de paires concordantes	90,1%	
AIC (L0)	2 046 (2 787)	
Ind. Schwartz (L0)	2 097 (2 795)	

Notes : \*p<0,1 ; \*\*p<0,05 ; \*\*\*p<0,001 ; \*\*\*\*p<0,0001  
Source : SRE et calculs des auteurs

Tableau 5b – Régression logistique pour les départs des chercheurs des EPST n'ayant pas atteint leur AOD

	<i>Dependent variable :</i>	
	départ en retraite	
Conjoint ( <i>réf : Célibataire</i> )	2,623****	(0,606)
Nombre d'enfants	-2,144***	(0,896)
Nombre d'enfants femme	1,751***	(0,868)
A atteint ou dépassé 60 ans à la fin de l'année	2,204***	(0,632)
Dérogation ( <i>réf : Aucune</i> )		
Pour maladie	3,340****	(0,618)
Pour carrière longue	1,327*	(0,730)
Observations	8 399	
Part de paires concordantes	95,3%	
AIC (L0)	162 (234)	
Ind. Schwartz (L0)	214 (241)	

Notes : \*p<0,1 ; \*\*p<0,05 ; \*\*\*p<0,001 ; \*\*\*\*p<0,0001  
Source : SRE et calculs des auteurs

Tableau5c – Régression logistique pour les départs des agents administratifs des universités n'ayant pas atteint leur AOD

	<i>Dependent variable :</i>	
	départ en retraite	
Conjoint_f ( <i>réf : Femme ou homme célibataire</i> )	-0,177***	(0,051)
A atteint ou dépassé 60 ans à la fin de l'année	2,369****	(0,098)
Âge en fin d'année	0,171****	(0,033)
Nombre de trimestres cotisés dans le privé	-0,013****	(0,001)
Dérogation ( <i>réf : Aucune</i> )		
Pour handicap	2,514****	(0,377)
Pour maladie	1,050****	(0,061)
Pour carrière longue	1,257****	(0,048)
Dérogation pour 3 enfants	0,119*	(0,058)
Corps ( <i>réf : AGENT_ADM</i> )		
BIB MAG CONS	-0,649****	(0,140)
INF	-0,533****	(0,113)
ING	-0,776****	(0,125)
SSAE MEN	-1,291****	(0,210)
TECHN	0,104*	(0,049)
Lieu ( <i>réf : Province</i> )		
Île-de-France	-0,339****	(0,066)
Département d'outre-mer	-1,596****	(0,230)
Observations	74 930	
Part de paires concordantes	87,7%	
AIC (L0)	17 657 (23 590)	
Ind. Schwartz (L0)	17 805 (23 599)	

Notes : \*p<0,1 ; \*\*p<0,05 ; \*\*\*p<0,001 ; \*\*\*\*p<0,0001

Source : SRE et calculs des auteurs

Tableau 5d – Régression logistique pour les départs des enseignants-chercheurs des universités n'ayant pas atteint leur AOD

	<i>Dependent variable :</i>	
	départ en retraite	
Nombre d'enfants femme	0,230*	(0,089)
Âge en fin d'année	0,633****	(0,100)
Nombre de trimestres cotisés dans le privé	-0,021****	(0,004)
Dérogation ( <i>réf : Aucune</i> )		
Pour maladie	2,534****	(0,403)
Pour carrière longue	2,848****	(0,263)
Observations	22 195	
Part de paires concordantes	90,6%	
AIC (L0)	885 (1 206)	
Ind. Schwartz (L0)	933 (1 214)	

Notes : \*p<0,1 ; \*\*p<0,05 ; \*\*\*p<0,001 ; \*\*\*\*p<0,0001

Source : SRE et calculs des auteurs

#### 2.4.2 Les modèles après l'AOD, les variables retenues, pour les quatre sous-populations

Des conclusions communes aux modèles retenus pour chacune des 4 sous-populations peuvent être tirées :

Le nombre total d'enfants incite en général à partir plus tard (sauf pour les administratifs des universités, pour lesquels cette variable ne joue pas) ; pour les chercheurs et enseignants-chercheurs, les hommes sont davantage concernés, avec des coefficients négatifs encore plus importants, ce qui peut effectivement être lié au fait qu'ils sont plus âgés que leur conjoint et qu'ils ont eu des enfants sur le tard, dont ils doivent encore payer les études.

Le genre a un rôle uniquement pour les administratifs des EPST et ceux des universités, les femmes partent plus tard, toutes choses égales par ailleurs (même pour deux individus ayant tous deux annulé leur décote).

Les variables proxy construites pour approcher l'éligibilité aux dispositifs de départs anticipés fonctionnent bien. Les dérogations pour départs tardifs en AL+1 fonctionnent toujours ; celles au-delà de AL+1 fonctionnent seulement dans un cas.

S'agissant des âges pivots :

- L'année de l'AL représente au moins, pour chacune de nos populations « après AOD », 18,7 % des départs. Cet âge pivot sera, dans chacune des modélisations, un facteur de départ hautement significatif.
- À l'inverse, nos quatre sous populations ne sont pas toutes sensibles à l'AOD (voir *Gra-  
phiques 4a à 4d*) qui ne sera pas présent dans chacune des régressions. Ainsi, les degrés d'ouverture des droits rythmant les départs ne seront pas les mêmes pour nos différentes sous-populations.
- L'AAD est significatif dans trois cas.

Enfin, le nombre de trimestres cotisés dans le privé ressort comme significatif, mais pas le nombre de trimestres dans le public (qui avait également été testé), y compris pour les deux populations des universités où le taux apparaît significatif. Nous n'avons pas d'explication solide à cela. Le mieux serait de rendre compte de tous ces effets uniquement au travers d'une fonction du taux de remplacement.

### 2.4.2.1 Agents administratifs des EPST

Tableau 6a – Régression logistique pour les départs des agents administratifs des EPST ayant atteint ou dépassé leur AOD

	<i>Dependent variable :</i>	
	départ en retraite	
Sexe ( <i>réf : Homme</i> )	-0,370****	(0,082)
Conjoint ( <i>réf : Célibataire</i> )	1,002****	(0,085)
Nombre d'enfants	-0,231****	(0,036)
Nombre de trimestres cotisés dans le privé	-0,008****	(0,001)
Degré d'ouverture des droits ( <i>réf : Strictement avant AAD</i> )		
AAD	0,489****	(0,117)
Entre AAD et AL (strictement)	0,628****	(0,104)
AL	3,573****	(0,145)
Au-delà de l'AL	2,444****	(0,274)
Variables additionnelles ( <i>indicatrices indépendantes</i> )		
AL+1 avec dérogation	2,021****	(0,482)
EPST ( <i>réf : IFSTTAR, INED, INRIA, IRSTEA</i> )		
CNRS	-0,546****	(0,130)
IRD	-0,868**	(0,281)
INRA	-0,561***	(0,145)
INSERM	-0,443**	(0,165)
Corps T ( <i>réf : Non T</i> ) :	0,402****	(0,087)
Observations	4 692	
Part de paires concordantes	79,6%	
AIC (L0)	4 336 (5 608)	
Ind. Schwartz (L0)	4 433 (5 614)	

Notes : \*p<0,1 ; \*\*p<0,05 ; \*\*\*p<0,001 ; \*\*\*\*p<0,0001

Source : SRE et calculs des auteurs

Comme nous l'avons vu précédemment, les départs des agents administratifs se concentrent majoritairement autour de l'AL dont l'atteinte dans l'année représente 33,8 % des départs. Un pic des départs à l'AL+1 est également visible. Celui-ci concentre majoritairement des individus ayant des dérogations pour poursuivre leurs activités jusqu'à cet âge (76,3 % de ces départs).

La modélisation imputera des probabilités de départ en retraite plus élevées lorsque l'année est celle de l'AL. De même, le fait d'avoir dépassé cette année d'atteinte de l'AL et, a fortiori lorsque l'année est celle de l'AL+1 et que l'individu dispose de dérogation, est un facteur de départ en retraite.

En outre, l'année effective d'annulation de la décote ressort également significative.

Les agents administratifs des 4 petits EPST partent plus tôt pour des raisons qui seront éclaircies avec eux.

## 2.4.2.2 Chercheurs des EPST

Tableau 6b – Régression logistique pour les départs des chercheurs des EPST ayant atteint ou dépassé leur AOD

	<i>Dependent variable :</i>	
	départ en retraite	
Conjoint ( <i>réf : Célibataire</i> )	1,036****	(0,108)
Nombre d'enfants	-0,410****	(0,046)
Nombre d'enfants femme	0,225****	(0,057)
Nombre de trimestres cotisés dans le privé	-0,011****	(0,002)
Degré d'ouverture des droits ( <i>réf : Avant l'AAD</i> )		
Entre AAD et AL (strictement)	0,390**	(0,136)
AL	3,832****	(0,132)
Au-delà de l'AL	3,410****	(0,198)
Variables additionnelles ( <i>indicatrices indépendantes</i> )		
AL+1 avec dérogation	1,982****	(0,300)
Au-delà de l'AL+1 avec dérogation	1,543**	(0,506)
AL+3	1,115*	(0,550)
Corps DR ( <i>réf : CR</i> )	-0,687****	(0,107)
Observations	5 165	
Part de paires concordantes	90,2%	
AIC (LO)	3 053 (5 393)	
Ind. Schwartz (LO)	3 132 (5 400)	

Notes : \*p<0,1 ; \*\*p<0,05 ; \*\*\*p<0,001 ; \*\*\*\*p<0,0001

Source : SRE et calculs des auteurs

En matière de sensibilité au degré d'ouverture des droits, les chercheurs des EPST ont un profil similaire aux agents administratifs des EPST avec des départs majoritaires (52,1 %) l'année de l'AL (qui est associée dans la régression à de plus fortes probabilités de départ en retraite) ainsi qu'un pic des départs à l'AL+1 composés à 67,4 % d'individus disposant de dérogation(s). Et effectivement, l'année de l'AL+1, si celle-ci est accompagnée de dérogation(s), est associée dans la régression à de plus fortes probabilités de départ en retraite.

### 2.4.2.3 Agents administratifs des universités

Tableau 6c – Régression logistique pour les départs des agents administratifs des universités ayant atteint ou dépassé leur AOD

	<i>Dependent variable :</i>	
	départ en retraite	
Sexe ( <i>réf : Homme</i> )	-0,176****	(0,042)
Conjoint ( <i>réf : Célibataire</i> )	-0,466****	(0,065)
Conjoint_f ( <i>réf : Femme ou homme célibataire</i> )	0,170*	(0,075)
Nombre de trimestres cotisés dans le privé	-0,006****	(0,000)
Degré d'ouverture des droits ( <i>réf : Entre AOD (strictement) et AAD</i> )		
AOD	0,372****	(0,043)
Entre AAD et AL (strictement)	0,573****	(0,043)
AL	2,396****	(0,061)
Au-delà de l'AL	1,881****	(0,108)
Variables additionnelles ( <i>indicatrices indépendantes</i> )		
AAD*	0,443****	(0,044)
AL+1	-0,649****	(0,135)
AL+1 avec dérogation	0,619****	(0,154)
AL+3	1,343****	(0,240)
Corps ( <i>réf : AGENT_ADM</i> )		
BIB MAG CONS	-0,512****	(0,070)
INF	0,017	(0,068)
ING	-0,353****	(0,054)
SSAE MEN	-0,489****	(0,074)
TECHN	-0,210****	(0,038)
Lieu ( <i>réf : Province</i> )		
Île-de-France	-0,562****	(0,085)
Département d'outre-mer	-0,266****	(0,041)
Observations	26 710	
Part de paires concordantes	68,7%	
AIC (LO)	29 981 (32 914)	
Ind. Schwartz (LO)	30 153 (32 922)	

Notes : \*p<0,1 ; \*\*p<0,05 ; \*\*\*p<0,001 ; \*\*\*\*p<0,0001

Source : SRE et calculs des auteurs

\* Ici, AAD doit être présenté comme additionnellement car pour certains individus, les deux âges pivots AOD et AAD coïncident. Nous avons considéré que dans leur cas, ils avaient d'autant plus de chance de partir.

Contrairement aux autres sous-populations, les agents administratifs des universités sont sensibles à l'année d'ouverture des droits (qui concentre 26,7 % des départs contre 8,5 % pour les autres sous-populations). C'est pourquoi la variable ressort significativement dans le modèle.

L'AL concentre comme toujours une part importante des départs et ressort dans la modélisation. Conformément à ce que nous avons observé en statistiques descriptives (pic des départs à l'AL+3), l'année de l'atteinte de l'AL+3 est associée à des probabilités de départ plus élevées.

Enfin, le fait de résider en Île-de-France retarde le départ (il faut garder à l'esprit que pour de tels agents administratifs, la part travaillant en administration centrale est non négligeable).

De même, le fait de résider dans les DOM, toutes choses égales par ailleurs, notamment le corps du titulaire, qui n'est pas distribué de la même façon qu'en Métropole.

#### 2.4.2.4 Enseignants-chercheurs des universités

Tableau 6d – Régression logistique pour les départs des enseignants-chercheurs des universités ayant atteint ou dépassé leur AOD

	<i>Dependent variable :</i>	
	départ en retraite	
Conjoint ( <i>réf : Célibataire</i> )	-0,505****	(0,048)
Nombre d'enfants	-0,061****	(0,018)
Nombre d'enfants femme	0,060**	(0,024)
Nombre de trimestres cotisés dans le privé	-0,007****	(0,001)
Degré d'ouverture des droits ( <i>réf : Avant AAD</i> )		
AAD	0,688****	(0,110)
Entre AAD et AL (strictement)	0,987****	(0,092)
AL	2,314****	(0,091)
AL+1	2,162****	(0,102)
Au-delà de l'AL+1	2,259****	(0,100)
Variables additionnelles ( <i>indicatrices indépendantes</i> )		
AL+1 avec dérogation	0,348**	(0,112)
AL+3	1,555****	(0,084)
Au-delà AL+3	2,463****	(0,113)
Corps ( <i>réf : MCF</i> ) :		
PRGE	-1,353****	(0,136)
PRU	-0,713****	(0,048)
PUPH	-1,251****	(0,072)
Localisation Île-de-France ( <i>réf : Province</i> )	-3,225**	(1,006)
Observations	19 638	
Part de paires concordantes	80,9%	
AIC (L0)	14 979 (19 107)	
Ind. Schwartz (L0)	15 129 (19 115)	

Notes : \*p<0,1 ; \*\*p<0,05 ; \*\*\*p<0,001 ; \*\*\*\*p<0,0001

Source : SRE et calculs des auteurs

Les enseignants-chercheurs se distinguent radicalement des autres sous-populations avec une forte présence de départs tardifs voire très tardifs. En effet, les départs après l'AL sont dix fois plus nombreux chez les enseignants-chercheurs que chez les autres sous-populations (respectivement 43,4 % et 4,0 % des départs). Si 13,2 % des départs ont lieu après l'AL+3 chez les enseignants-chercheurs ce n'est le cas que de 0,2 % des départs observés chez les autres sous-populations. Cette caractéristique explique/justifie la présence de nombreuses variables d'ouverture des droits et additionnelles relatives à des départs tardifs. Les coefficients des trois modalités (AL AL+1 et au-delà) pour les degrés d'ouverture des droits étant proches, nous aurions pu les regrouper.

Le coefficient de l'Île-de-France est remarquablement élevé, bien plus que pour les agents administratifs. On a en tête un schéma où les enseignants-chercheurs en Île-de-France auraient des carrières prestigieuses, qui les inciteraient à rester en activité le plus tard possible.

Les MCF enseignant dans les établissements hospitalo-universitaires ou dans des grands établissements (CNAM, Collège de France, EHESS, Observatoires,... ils sont peu nombreux en fin de carrière), ont un comportement identique à celui des MCF enseignant en université. En revanche, tous les PR partent plus tard, selon une certaine gradation : en premier lieu les professeurs d'université (en moyenne), puis ceux des grands établissements, puis ceux enseignant dans les établissements hospitalo-universitaires. Cette gradation peut s'expliquer par le prestige, l'intérêt ou la rémunération (Annexe 3) associés au poste.

### 3 Simulation

Une fois les modèles retenus, nous pouvons appliquer les résultats à nos bases de non partis pour simuler les effectifs et les âges moyens de départ en retraite à l'horizon 2021.

#### 3.1 Construction et applications des probabilités de départ

##### 3.2.1 Bases de simulation

###### 3.2.1.1 Constitution des observations

Nous appliquons les résultats des huit modélisations sur les huit bases de simulation à partir desquelles nous calculerons des probabilités de départ en retraite. L'unité d'observation de ces bases de simulation est l'individu\*année où les années sont les années à projeter (2017 à 2021) et les individus sont les individus non partis entre 2014 et 2016.

Pourtant les individus n'apparaissent pas nécessairement cinq fois dans la base de simulation. En effet, de même que pour les bases d'apprentissages, il faut également prendre en compte que certains individus peuvent sortir de la base de simulation « avant AOD » (si celui-ci atteint son AOD entre 2017 et 2021) pour être transférés dans la base « après AOD », et que les 5 générations précédentes devaient progressivement rentrer dans la base (le SRE nous avait aussi fourni les données identiques pour les fonctionnaires âgés de 50 ans à 54 ans).

###### 3.2.1.2 Constitution des variables

Pour produire les variables des bases d'apprentissage nous disposons des données rétrospectives de l'ensemble de la carrière de nos cotisants (voir 2.2.2 Construction des variables d'intérêt à tester dans les modèles et redressements de la base CIR). Pour constituer les variables de la base de simulation nous avons dû réaliser des estimations comme par exemples celles des cotisations pour les années 2017 à 2021.

##### 3.2.2 Applications des probabilités de départ

Nous connaissons les statistiques de départs effectives jusqu'en 2016. Nous souhaitons effectuer des prévisions de 2017 à 2021. On note  $t=0$  l'année 2016.

Une fois projetés les coefficients d'apprentissage sur chaque individu,  $\forall t \in [1;5]$  on connaît alors la probabilité de chaque individu de partir en retraite sachant qu'il était à risque l'année  $t$ . Être à risque signifie ici que l'individu est dans la tranche d'âge d'évaluation du modèle et n'était pas en retraite à la fin de la période précédente.

Soit  $Y_t$  notre variable dépendante (qui vaut 1 si l'individu est parti l'année considérée, 0 sinon) et  $X_t$  le vecteur de nos variables explicatives à la date  $t$ . La régression logistique nous donne :

$$P(Y_t=1|X_t, \forall_{n<t}, Y_n=0) = \frac{\exp(\beta * X_t)}{1 + \exp(\beta * X_t)} \mathbf{1}_{\substack{\text{age} \geq 55 \\ \text{et } od < 01/01/t}} + \frac{\exp(\beta' * X'_t)}{1 + \exp(\beta' * X'_t)} \mathbf{1}_{\substack{\text{age} \geq 55 \\ \text{et } od \geq 01/01/t}} \quad (9.0)$$

Selon que l'individu se situe avant ou après l'AOD (modèles  $\beta$  ou  $\beta'$  ci-dessus), un individu peut, au cours des années 2017 à 2021, voir sa probabilité de départ en retraite estimée pour certaines années avec les modèles de départ avant l'AOD puis avec les modèles après l'AOD. Si

l'individu a moins de 55 ans à la fin de l'année considérée, nous considérons que sa probabilité de partir en retraite est nulle.

Nous souhaitons effectuer des prévisions de  $t=1$  à  $t=5$ . Nous sommes donc intéressés par le fait de connaître la probabilité individuelle d'un individu de partir à la date  $t$  inconditionnellement aux réalisations des années précédentes.

On utilise les formules suivantes :

$$P(Y_1=1|X_1)=P(Y_1=1|X_1, \forall_{n<t}, Y_n=0) \quad (10.1)$$

$$P(Y_2=1|X_2)=(1-P(Y_1=1|X_1))*P(Y_2=1|X_2, \forall_{n<t}, Y_n=0) \quad (10.2)$$

$$P(Y_3=1|X_3)=(1-P(Y_1=1|X_1)-P(Y_2=1|X_2))*P(Y_3=1|X_3, \forall_{n<t}, Y_n=0) \quad (10.3)$$

$$P(Y_4=1|X_4)=(1-P(Y_1=1|X_1)-P(Y_2=1|X_2)-P(Y_3=1|X_3))*P(Y_4=1|X_4, \forall_{n<t}, Y_n=0) \quad (10.4)$$

$$P(Y_5=1|X_5)=(1-P(Y_1=1|X_1)-P(Y_2=1|X_2)-P(Y_3=1|X_3)-P(Y_4=1|X_4))*P(Y_5=1|X_5, \forall_{n<t}, Y_n=0) \quad (10.5)$$

La probabilité qu'a un individu de ne pas être parti en retraite au bout de cinq ans est donnée par :

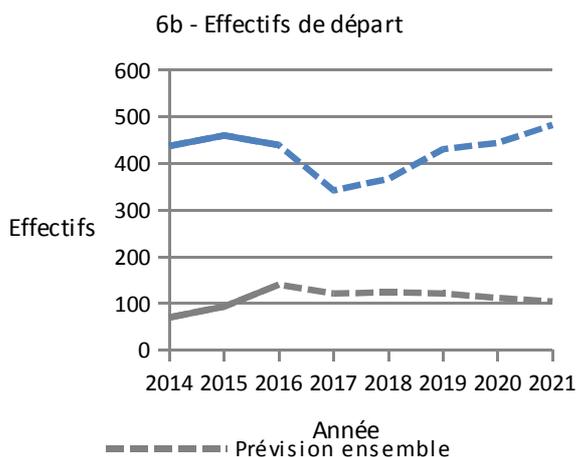
$$P(\prod_{t=1}^5 (1 - P(Y_t=1|X_t))) \quad (11.0)$$

### 3.2 Prédiction des effectifs et des âges moyens de départ en retraite

#### 3.2.1 Prévisions des âges moyens et des effectifs de départ pour les quatre sous-populations (cotisants ayant atteint ou dépassé leur AOD)

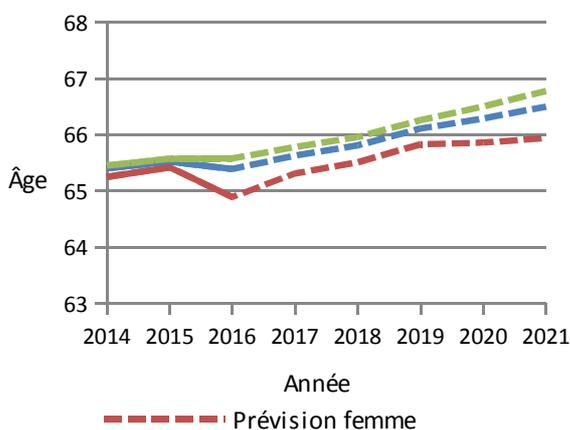
La baisse des départs avant AOD peut s'expliquer par la diminution d'accès par les individus au dispositif de carrière longue.

Graphiques 5a et 5b – Prévisions des âges moyens et des effectifs de départ pour les agents administratifs des EPST ayant atteint ou dépassé leur AOD



Source : SRE et calculs des auteurs

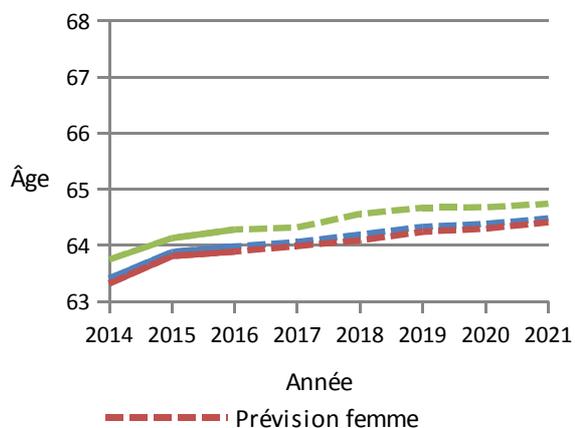
6a - Âge moyen en fin d'année des départs après AOD



Graphiques 6a et 6b – Prévisions des âges moyens et des effectifs de départ pour les chercheurs des EPST ayant atteint ou dépassé leur AOD

Source : SRE et calculs des auteurs

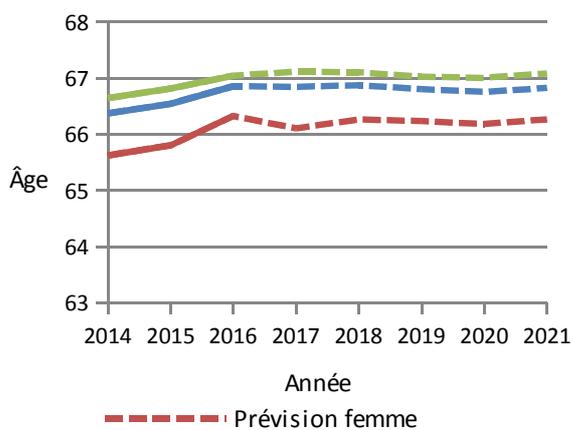
7a - Âge moyen en fin d'année des départs après AOD



Graphiques 7a et 7b – Prévisions des âges moyens et des effectifs de départs pour les agents administratifs des universités ayant atteint ou dépassé leur AOD

Source : SRE et calculs des auteurs

8a - Âge moyen en fin d'année des départs après AOD

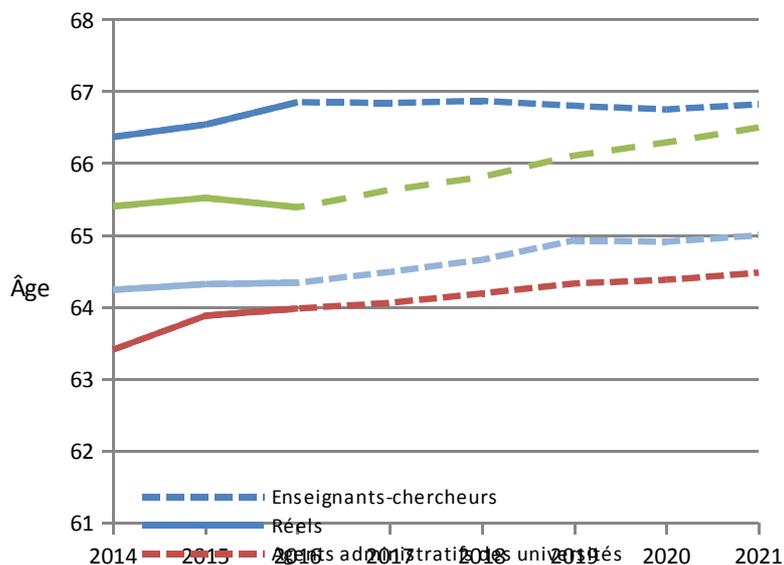


Graphiques 8a et 8b – Prévisions des âges moyens et des effectifs de départs pour les chercheurs des universités ayant atteint ou dépassé leur AOD

Source : SRE et calculs des auteurs

### 3.2.2 Comparaison des âges moyens au départ (cotisants ayant atteint ou dépassé leur AOD)

Graphique 9 – Prévisions des âges moyens au départ selon la population

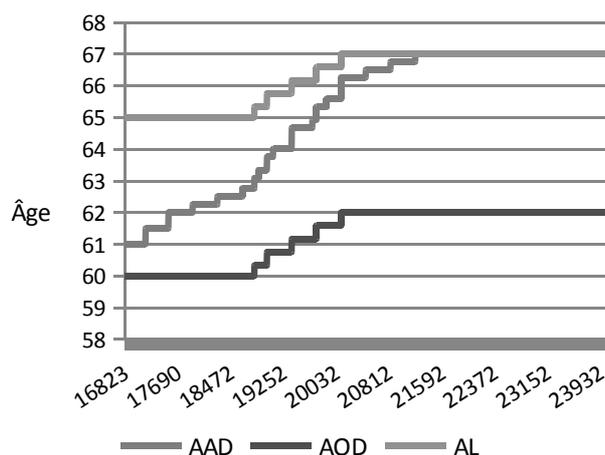


Source : SRE et calculs des auteurs

Pour expliquer les évolutions ci-dessus, on rappelle que, en application de la loi du 9 novembre 2010, l'AOD et l'AL connaissent une montée en charge. Il en va de même pour l'AAD. En effet :

- l'AOD se relève progressivement, sur la période 2011 - 2017
- l'AL se relève sur la période 2016 - 2022
- l'AL+3 se relève sur la période 2019 - 2025,
- Pour l'AAD, l'étalement des départs correspondant se fait de 2008 à 2025

Graphique 10- Montée en charge des âges pivots



Ainsi, la forte augmentation de l'âge moyen des chercheurs des EPST peut s'expliquer par des coefficients relativement plus élevés à l'AL et au-delà (autour de 4 contre 2,5 environ pour les autres populations). Or cet âge pivot est en augmentation sur les années projetées. Pour les enseignants-chercheurs en revanche, qui sont très nombreux à partir à AL+1 voire AL+3, le modèle prévoit une

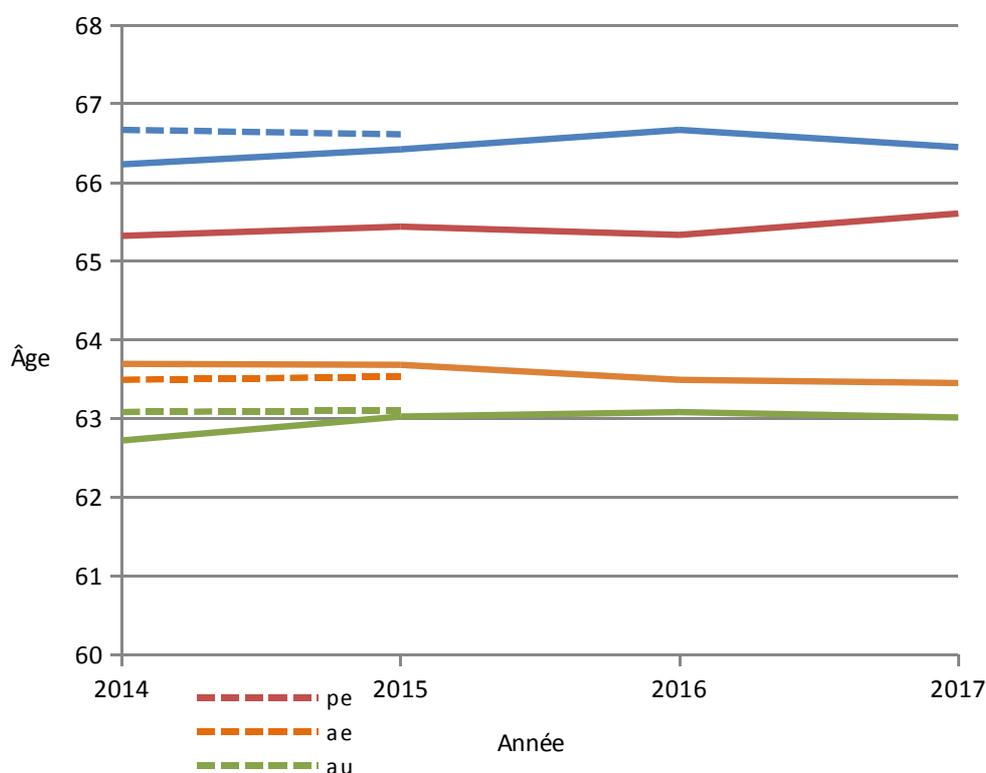
légère augmentation de l'âge au départ seulement à partir de 2020. Il conviendrait néanmoins de chercher d'autres explications (vagues massives de recrutements de jeunes enseignants titulaires,...).

### 3.3 Discussion des résultats

Nos modélisations comportent des parts de paires concordantes satisfaisantes (plus de 80 % pour six de nos huit modélisations). En ce sens, les résultats des modélisations sont conformes à la réalité et parviennent convenablement à prédire les probabilités de départ en retraite des individus.

Afin de vérifier la robustesse de nos modélisations, nous pouvons également confronter les âges moyens au départ obtenus pour l'année 2017 aux résultats de la base des pensions liquidées, autre base du SRE mentionnée précédemment.

Graphique 11 – Comparaison des résultats avec la base des pensions liquidées (sur l'année 2017)



Source : SRE, calculs des auteurs et base des pensions liquidées

La base des pensions liquidées indique en 2017, sur la population globale étudiée, un âge moyen au départ à 63 ans et 11 mois. Nous trouvons avec notre propre projection un âge moyen à 63 ans et 10 mois.

En distinguant par sous-population, les écarts peuvent atteindre 2 mois (pour les enseignants-chercheurs des universités).

### 3.4. Conclusions et développements ultérieurs

Notre modélisation, inspirée de celle de la DEPP, permet de prévoir des effectifs de départs en retraite sur les 5 années suivantes, en tenant compte de variables personnelles et familiales (conjoint, nombre d'enfants, statut marital, situation de handicap ou de maladie...) et aussi d'une variable complexe sur le « degré d'ouverture des droits » de l'individu. Les modalités de cette variable sont adaptées aux situations particulières de chacune des 4 sous-populations.

La micro-simulation permet d'offrir des statistiques fines sur les sous-populations de notre choix (par sexe, corps par exemple) telles que le nombre de départs, le taux de départ, l'âge moyen ou le taux de remplacement. Ainsi et comme attendu, nos modèles prévoient des évolutions des effectifs de départ plus basses que celles de la DGRH et des organismes.

Par ailleurs, la qualité des prédictions est globalement plus satisfaisante pour les départs après l'âge d'ouverture des droits que pour ceux qui interviennent avant. Nos modèles peinent à capturer le comportement de ces agents. C'est notamment le cas pour les agents administratifs, populations où les départs anticipés sont importants.

Comme variable explicative complémentaire dans nos modèles, nous ajouterons si possible/significatif une variable, **fonction ad-hoc** (bornée ? concave ? convexe ?) **du taux de remplacement simulé** chaque année pour chacun des individus (cette fonction est en cours de construction), qui permettra de rendre compte au mieux des incitations financières et des effets des modifications législatives, et de complètement prendre en compte les situations spécifiques des polypensionnés de la fonction publique. Ceci est permis par la richesse de nos données, avec notamment la connaissance des trimestres cotisés en dehors de la Fonction publique. D'ores et déjà, les variables « nombre de trimestres cotisés hors Fonction publique » ainsi que l'année précise d'annulation de la décote apparaissent significatives pour certaines populations.

Par ailleurs, nous souhaitons également :

- Mettre en extinction le dispositif de départ avant l'AOD pour parents de 3 enfants, en lien avec le SRE,
- L'AL n'a pas encore varié sur notre population/période étudiée (2014-2016), et ne commence à le faire qu'à partir de 2017. Il convient de retester/réestimer les modèles en incluant de nouvelles années.
- Distinguer certaines sous-populations : Analyser plus finement les corps des IGR des universités (qui recrutent 70 % de jeunes diplômés en doctorat), et ont donc des débuts de carrière comme contractuels proches de ceux des chercheurs et enseignants-chercheurs ; Tester des modèles par genre pour les agents administratifs (notamment, les comportements vis-à-vis des âges pivots sont-ils identiques entre genres ?),
- Compléter la méthodologie de notre modélisation : enlever les valeurs aberrantes, traiter plus globalement les départs avant l'AOD, en prenant en compte les départs antérieurs à l'âge de 55 ans
- modéliser d'autres types de départs « définitifs » tels que les décès,

## Annexes

### Annexe 1 : Chronologie des réformes des retraites depuis 1982

#### Réforme de 1982

L'ordonnance du 26 mars 1982 fixe l'âge de la retraite à taux plein à 60 ans pour les assurés ayant cotisé 150 trimestres.

#### Réforme de 1993

La loi du 22 juillet 1993, dite réforme Balladur, concerne les assurés du régime général et des régimes alignés (salariés agricoles, artisans, industriels et commerçants). Elle est constituée de trois points essentiels. (1) Elle conduit à une augmentation du nombre d'années de cotisation nécessaires à l'obtention d'une retraite à taux plein à raison d'un trimestre par génération (160 trimestres de cotisation contre 150 trimestres auparavant). (2) Les revenus de références utilisés pour le calcul des pensions sont alors les 25 meilleures années au lieu des 10 meilleures années auparavant utilisées. (3) Les pensions sont indexées sur les prix.

#### Réforme de 2003

La loi du 21 août 2003, dite réforme Fillon, concerne l'ensemble des régimes (privés comme publics) en dehors des régimes spéciaux. Elle poursuit à un allongement progressif de la durée de cotisation requise pour bénéficier d'une retraite à taux plein (jusqu'à 164 trimestres en 2012). Entre 2004 et 2008, il y a un alignement progressif de la durée d'assurance des fonctionnaires sur celle du régime général. Entre 2009 et 2012, la durée d'assurance requise pour un départ à taux plein dans le régime général comme pour les fonctionnaires s'accroît d'un trimestre par an jusqu'à aboutir à 41 ans en 2012. Par ailleurs, l'accès aux pré-retraites est limité. Le système de décote et surcote est mis en place. La loi conduit à la création d'un dispositif "carrière longue" qui permet aux salariés entrés tôt sur le marché du travail et ayant validé 168 trimestres de partir avant 60 ans. Les avantages liés aux critères familiaux sont modifiés.

#### Réforme de 2010

La loi du 10 novembre 2010 affecte l'ensemble des régimes. Elle instaure un recule progressif de l'âge légal de départ en retraite. Cette réforme conduit à un alignement progressif des taux de cotisations du secteur public sur le secteur privé. Le taux de cotisation passe ainsi de 7,85 % à 10,55 % en 10 ans. La prise en compte de la pénibilité et le calcul des petites pensions évoluent aussi durant cette période. Avec cette réforme, le dispositif "carrière longue" est élargi, selon l'âge en début d'activité et la durée cotisée. Le dispositif de départ anticipé sans condition d'âge pour les parents de 3 enfants ayant 15 ans de service dans le service public est progressivement fermé. Enfin, l'accès au minimum garanti est conditionné au fait d'avoir cotisé tous ses trimestres ou d'avoir atteint l'âge de départ à taux plein.

#### Réforme de 2014

La réforme des retraites de 2014, comme les réformes de 1993 et 2003 avant elle, poursuit l'augmentation de la cotisation requise pour bénéficier du taux plein (augmentation à partir de la génération 1958, à raison d'un trimestre toutes les trois générations pour atteindre 172 trimestres pour la génération 1973). Un compte de pénibilité, traduit en point d'éventuelles périodes d'exposition à un ou plusieurs facteurs de pénibilité. Ces points peuvent ensuite être utilisés pour bénéficier d'une forma-

tion professionnelle, pour passer à temps partiel sans baisse de rémunération ou pour disposer d'un départ anticipé à la retraite.

## **Annexe 2 : Notions relatives au système de retraite et glossaire propre au rapport**

Âge de jouissance initiale (ou âge de première mise en paiement) : âge auquel la pension de vieillesse est pour la première fois mise en paiement.

Âge d'annulation de la décote légal : âge à partir duquel le taux plein est assuré (où la décote s'annule) quelle que soit la cotisation en tous régimes de l'individu. Cet âge dépend de la date de naissance et de la catégorie de service du cotisant.

Âge d'annulation de la décote effectif : âge auquel le cotisant atteint effectivement son taux plein (soit par l'atteinte de sa cotisation requise soit par l'atteinte de son âge d'annulation de la décote légal).

Âge d'ouverture des droits (AOD) : âge à partir duquel le fonctionnaire peut avoir droit à une pension. Cet âge dépend de la date de naissance et de la catégorie de service du cotisant ; également appelé âge légal de départ à la retraite.

Âge limite (AL) : âge auquel tout fonctionnaire est admis d'office en retraite. Cet âge dépend de la date de naissance et de la catégorie de service du cotisant.

Bonification : trimestres supplémentaires de cotisation. Les principales bonifications sont : la bonification pour enfants, dépaysement ou encore les bénéfices de campagne.

Carrière longue : possibilité donnée aux fonctionnaires ayant commencé à travailler tôt d'accéder à un départ en retraite anticipé. La condition est double : avoir cotisé plus de quatre trimestres avant la fin de l'année des vingt ans et avoir atteint sa cotisation cible à l'âge de départ anticipé envisagé.

Catégorie de service : si l'emploi d'un fonctionnaire est soumis à un risque particulier ou des fatigues exceptionnelles, celui-ci sera classé en catégorie active. Les autres emplois sont des emplois de catégorie sédentaire.

Coefficient de proratisation (CP) : rapport entre la durée de service du cotisant et la cotisation requise.

Décote : minoration appliquée au montant de la pension d'un assuré qui part avant d'avoir atteint sa cotisation requise. La décote est le produit du nombre de trimestre(s) manquant(s) multiplié par son taux de décote (variant selon la date de naissance de l'individu et la catégorie de service).

Durée d'assurance tous régimes : nombre de trimestres cotisés dans la Fonction publique et dans les autres régimes de retraite de base obligatoires. Cette durée d'assurance, majorée des bonifications, est prise en compte pour la détermination d'une éventuelle décote ou surcote.

Durée de cotisation requise (N) : nombre de trimestre nécessaire (en tous régimes) pour bénéficier du taux plein sans avoir atteint son âge d'annulation de la décote légal.

Durée de service : nombre de trimestre cotisés dans la Fonction publique.

Durée des services et bonifications retenus : total de la durée des services et bonifications effectués dans le régime et retenus pour le calcul de la liquidation de la pension de vieillesse au titre de la fonction publique d'Etat.

Taux de remplacement : part du dernier traitement du fonctionnaire conservée dans le calcul de la pension effectivement versée.

Taux plein : un taux plein est une pension qui ne subit pas de décote. Il est donc sensible aux cotisations en tous régimes.

Taux maximal : coefficient de proratisation maximal obtenu par l'atteinte du nombre de trimestres nécessaire dans la fonction publique. En effet, contrairement au taux plein, seule la cotisation en Fonction publique est prise en compte. Conditionné uniquement par la durée des services et bonifications, celui-ci peut être égal à 75 % et peut-être porté à 80 % avec les bonifications.

Surcote : majoration appliquée au montant de la pension d'un assuré qui part avec un nombre de trimestres cotisés en tous régimes supérieur à la cotisation requise.