TABLES DE MORTALITE PAR GENERATIONS

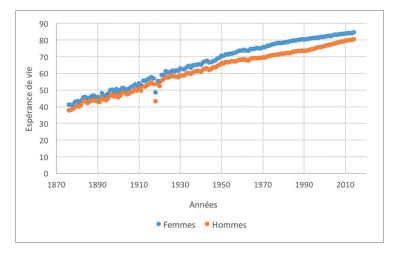
Pourquoi est-il également risqué d'utiliser des tables de mortalité par générations?

Séverine Arnold (-Gaille), professeure ordinaire en sciences actuarielles à l'université de Lausanne depuis le 1er août 2016, nous a fait l'amabilité de rédiger un article portant sur les risques liés aux tables de mortalité par générations.

Depuis quelques années, la question du type de tables de mortalité à utiliser lors du calcul de réserves mathématiques (et autres valeurs actuelles) dans le cadre des caisses de pensions intéresse de nombreux acteurs du domaine. En effet, les bases techniques utilisées dans le domaine de la prévoyance professionnelle offrent depuis une dizaine d'années la possibilité de travailler avec des tables de mortalité périodiques ou de générations: les tables VZ proposent des tables de générations depuis 2005 et les tables LPP (BVG) depuis 2010. Mais fondamentalement, qu'entend-on par tables périodiques et tables de générations? Pourquoi cette distinction est-elle importante? Dans cet article, nous proposons une analyse de l'impact que peut avoir l'utilisation de tables de mortalité périodiques ou de générations et nous expliquons pourquoi l'utilisation de tables de générations, bien que solution à certains problèmes, peut conduire à d'autres difficultés. Nous illustrons nos propos en comparant les tables LPP 2010 et LPP 2015, mais également en développant un modèle de projection différent de celui utilisé par ces tables, à savoir le modèle de Lee-Carter.

1 Tables Périodiques vs Tables de Générations

La question de l'utilisation de tables de mortalité périodiques ou de générations est fondamentale lorsque la mortalité évolue dans le temps. Les observations de ces 140 dernières années sont impressionnantes: alors qu'en 1876 l'espérance de vie à la naissance était de 37,9 pour les hommes et 41,3 pour les femmes en Suisse, elle a plus que doublé pour atteindre 80,4 et 84.6 en 2014 (voir figure 1). De ce fait, le taux de mortalité d'une personne ayant 50 ans en 1960 est fort différent de celui d'une personne de 50 ans en 2010. Une table de mortalité périodique présente les taux de mortalité pour une année bien particulière: la table pour l'année 2014, par exemple, indique les probabilités de décès des personnes qui ont entre 0 et 110 ans en 2014. A l'opposé, une table de générations suit une génération: la table de 1950 s'entend pour la génération née en 1950. De ce fait, cette table indique les probabilités de décès d'une personne d'âge 0 en 1950, de 1 an en 1951, de 2 ans en 1952, ..., de 50 ans en 2000, etc. Si la mortalité était constante au cours du temps, une table périodique indiquerait les mêmes probabilités qu'une table de générations. Cependant, la mortalité diminuant



au cours du temps, ces deux types de tables divergent fortement. Et la grande question est de savoir ce que sera la probabilité de décès à, par exemple, 80 ans, d'une personne née en 1950. Cette personne fêtera son 80e anniversaire en 2030 et, donc, cette probabilité n'est pas encore connue. Il faut donc prévoir les évolutions futures de la mortalité et ainsi recourir à des modèles de projection de la mortalité. Ces évolutions potentielles futures font actuellement couler beaucoup d'encre, les avis divergeant fortement entre experts.

Il est important de ne pas confondre les tables de générations avec les tables de mortalité projetées, ces deux notions n'étant pas les mêmes, bien que souvent confondues dans la pratique. Une table périodique peut parfaitement être projetée, alors qu'une table de générations peut ne pas l'être. Le premier cas serait par exemple une table de mortalité périodique pour 2020, à savoir les probabilités de décès projetées en 2020 pour les personnes de tout âge. Le deuxième cas ferait référence par exemple à une table pour la génération de 1900, à savoir les personnes nées en 1900. Cette génération étant totalement éteinte en 2016, nous pourrions observer tous les taux de décès (jusqu'à 116 ans). Dans ce qui suit, nous utilisons des tables de mortalité projetées tant pour les tables périodiques que pour les tables de générations.

2 Mortalité future: différentes théories

De l'immortalité à une diminution de l'espérance de vie future, tout semble possible et les experts scientifiques de différents domaines ne semblent guère converger vers une théorie commune. Les progrès de la médecine, les récentes interventions médicales dans le processus du vieillissement (des scientifiques ont récemment réussi à « rajeunir » des souris), les diminutions de la prévalence de certains facteurs de risque, les améliorations des styles de vie et de l'alimentation, etc., portent certains scientifiques, comme le Dr. Aubrey de Grey de l'université de Cambridge, à croire en des espérances de vie approchant les 1000 ans. D'autres scientifiques relèvent au contraire que les progrès futurs de la médecine sont limités ou trop coûteux, que nous atteignons gentiment notre limite biologique en termes d'espérance de vie, que l'obésité et divers troubles alimentaires ont commencé à se propager dans certains pays, que l'inactivité physique reste un défi, qu'il y aura toujours des épidémies, des catastrophes naturelles et des guerres, que la cohésion so-

Séverine Arnold

Séverine Arnold (-Gaille) est Professeure au département de sciences actuarielles de l'université de Lausanne (Suisse). Outre un doctorat en sciences actuarielles, elle détient un certificat en démographie de l'université de Genève (Suisse). Le risque de longévité et la modélisation de la mortalité font partie de ses centres d'intérêt. Sa recherche s'est en particulier concentrée sur l'analyse de la mortalité par cause de décès. En 2009 et 2012, elle a notamment séjourné plusieurs mois à Sydney (Australie) afin de pou-



voir collaborer avec plusieurs chercheurs de l'université de New South Wales dans le but d'étudier diverses causes de décès dans plusieurs pays. Elle est actuellement responsable d'un projet de recherche de 3 ans portant sur les interactions existant en regard de la mortalité entre diverses causes de décès.

En collaboration avec Corina Constantinescu (université de Liverpool, Grande-Bretagne), elle organise actuellement la 3e édition d'une école d'hiver internationale pour les jeunes chercheurs, appelée Perspectives on Actuarial Risks in Talks of Young Reaserchers (PARTY), qui a lieu tous les 2 ans.

En plus de ses activités d'enseignement et de recherche, elle a été impliquée dans plusieurs projets portant sur la sécurité sociale en collaboration avec le Bureau international du Travail. Elle est également membre de la section assurance-vie de l'Association Actuarielle Internationale (AAI), du groupe de travail sur la mortalité de l'AAI et du sous-comité sur la sécurité sociale de l'Actuarial Association of Europe.

ciale fait de plus en plus défaut dans certaines régions et que le tabagisme et la drogue restent un problème majeur.

Il n'y a donc pas de consensus sur ce que l'avenir nous réserve et de ce fait, projeter la mortalité reste très incertain. La grosse inconnue est de savoir s'il sera possible de retarder le vieillissement chez les humains. Si oui, les progrès futurs en termes d'espérance de vie seront très probablement au-dessus de la plupart des prédictions actuelles. Si nous n'y parvenons pas, alors les progrès seront très certainement moins importants que ce que prévoit bon nombre de modèles.

3 Mortalité future: différents modèles

3.1 Généralités

Une très grande diversité de modèles s'est developpé ces dernières décennies, afin de mieux comprendre les évolutions passées de la mortalité, mais aussi de parvenir à mieux prévoir les évolutions futures possibles. Certains de ces modèles se basent uniquement sur des outils statistiques afin de pouvoir modéliser la mortalité de la façon la plus objective que possible. C'est le cas par exemple des méthodes d'extrapolation, qui basent leurs projections sur la continuation des tendances passées. L'idée ici est d'analyser l'évolution de la mortalité au cours des années passées, d'ajuster un modèle sur ces observations et d'utiliser des séries temporelles pour projeter la valeur des paramètres du modèle dans le futur. Le gros avantage de ces méthodes est qu'elles permettent de projeter aussi des intervalles de confiance, à savoir, par exemple, l'intervalle dans lequel la mortalité future risque de se retrouver dans 95% des cas. Cependant, ces modèles font l'hypothèse que les tendances passées vont se répliquer à l'avenir, ce qui est peu probable, et donc des irrégularités ne peuvent être prises en compte. Finalement, il est communément admis dans la profession que des projections de la mortalité basées sur des tendances passées ne peuvent être faites sur de longues périodes. Plus précisément, il est généralement recommandé d'utiliser une période d'ajustement deux fois plus longue que la période de projection.

A l'autre extrême, on trouve les modèles se basant uniquement sur les jugements d'experts. Les offices statistiques d'un pays utilisent typiquement les jugements d'experts afin de déterminer différents scénarios futurs possibles. Le gros inconvénient de ces méthodes tient à leur subjectivité, les scénarios pouvant fortement diverger entre experts.

Quel que soit le type de modèles utilisé, l'incertitude liée aux valeurs projetées est importante. Les modèles se basant sur l'extrapolation de tendances permettent de prendre en compte en partie cette incertitude en projetant des intervalles de confiance. Cependant, ces intervalles de confiance ne prennent pas en considération certaines sources d'erreurs, comme celles liées au choix du modèle (l'utilisation de différents modèles pourra résulter en des valeurs projetées fort différentes), celles liées aux erreurs d'estimation des paramètres, celles liées à la qualité des données et celles liées aux erreurs de jugement. De ce fait, dans un cas idéal, de nombreuses simulations devraient être réalisées afin de pouvoir inclure ces diverses sources d'erreurs dans les intervalles de confiance de nos projections.

3.2 Modèle des Bases Techniques LPP 2010 et LPP 2015

Les tables LPP et VZ offrent la possibilité de projeter les diverses probabilités de décès jusqu'en l'an 2150, ce qui permet de calculer les réserves mathématiques pour toutes les générations nées jusqu'en 2037. La méthode de projection utilisée est celle développée par Jacques Menthonnex en collaboration avec l'Office fédérale de la statistique (OFS). Les tables LPP 2010 se basent sur son étude publiée en 2009 (Menthonnex (2009)) et les tables LPP 2015 sur son rapport technique de 2015 (Menthonnex (2015)), qui n'est autre qu'une mise à jour prenant en compte les observations de 2009 à 2013. Le modèle de Menthonnex se base sur une méthode d'extrapolation. Ce dernier ajuste donc un modèle sur la mortalité observée par le passé. Il obtient ainsi un jeu de paramètres pour chaque année observée lui permettant de décrire la mortalité de l'année en question. Les valeurs de ces paramètres sont projetées en se basant en grande partie sur des jugements d'experts, et ce, afin que ses projections convergent avec les croyances du moment de l'OFS. On a donc ici l'exemple d'un modèle mixte, se trouvant à mi-chemin entre les méthodes d'extrapolation pures et les modèles utilisant uniquement les jugements d'experts.

3.3 Une alternative: le modèle de Lee-Carter

Afin d'avoir une meilleure appréciation de l'incertitude liée aux valeurs projetées et ainsi mieux comprendre l'impact que peut avoir le choix de la méthode de projection sur les engagements d'une caisse de pensions, nous avons également projeté la mortalité par le biais d'un autre modèle: le modèle de Lee-Carter (Lee et Carter (1992)). Ce modèle est l'un des plus connus au monde par sa simplicité d'application. Il se base uniquement sur l'extrapolation des tendances passées, aucun jugement d'experts n'étant requis. Nous l'avons donc ajusté sur les données de 1950 à 2007, afin de pouvoir projeter la mortalité dès l'année 2008 et ainsi comparer nos résultats avec les projections des tables LPP 2010 (commençant également en 2008). Nous nommons ci-après les projections obtenues LC1. Nous avons également recommencé l'exercice en ajustant le modèle de Lee-Carter sur les données de 1950 à 2012, puis projeté la mortalité dès 2013, ce qui nous permet de comparer nos résultats avec les tables LPP 2015. Ce deuxième jeu de projections de la mortalité obtenu à travers le modèle de Lee-Carter est intitulé, ci-après, LC2.

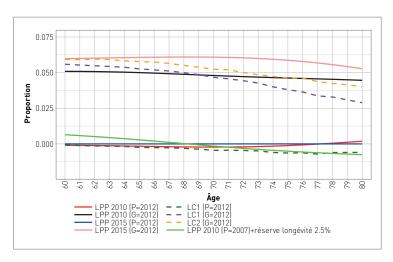
En appliquant deux modèles de projection totalement distincts, à savoir le modèle de Menthonnex et celui de Lee-Carter, nous avons une meilleure vision sur le large éventail d'évolutions potentielles futures de la mortalité. Nous pouvons ainsi développer une analyse plus pertinente en regard des répercussions que le choix du modèle peut avoir sur l'évaluation des engagements d'une caisse de pensions, et les conséquences que ce choix peut avoir sur les tables périodiques et de générations.

4 Impacts pour les caisses de pensions

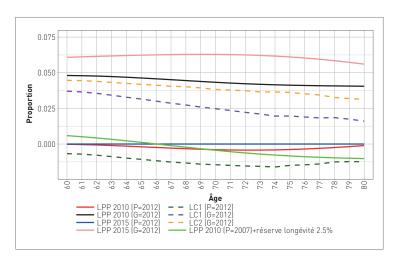
L'impact sur les engagements d'une caisse de pensions que peuvent avoir l'utilisation de différents modèles de projection ainsi que l'utilisation de tables périodiques ou de générations est discuté au travers des réserves mathématiques des rentiers. Par souci de simplification, nous ne considérons ici que les réserves mathématiques des retraités dès l'âge de 60 ans. Pour chaque année considérée (par exemple 2015), ces réserves ont été calculées sous divers angles:

- Cas 1: en utilisant les tables LPP 2010 (centrées en 2007) et en y ajoutant une réserve de longévité. La réserve de longévité a été calculée selon la pratique actuelle, à savoir 0,5% des engagements par année suivant la date de référence de la table. Pour le calcul des réserves mathématiques de 2015, cela revient à 4% des engagements.
- Cas 2: en utilisant les tables LPP 2010 projetées l'année considérée, ici 2015. Nous utilisons donc ici les tables périodiques de l'année 2015, projetées depuis 2007.
- Cas 3: en utilisant les tables de générations pour l'année considérée (soit 2015) déterminées par les tables LPP 2010. Par exemple, pour le calcul de la réserve mathématique d'un rentier de 65 ans en 2015, nous utilisons sa probabilité de décès à 65 ans en 2015, à 66 ans en 2016, etc.
- Cas 4: en utilisant les tables LPP 2015 projetées l'année considérée, ici 2015. Nous utilisons donc ici les tables périodiques de l'année 2015, projetées depuis 2012.
- Cas 5: en utilisant les tables de générations pour l'année considérée (soit 2015) déterminées par les tables LPP 2015.

Les cas 2, 3, 4 et 5 ont été développés en utilisant une première fois le modèle de projection



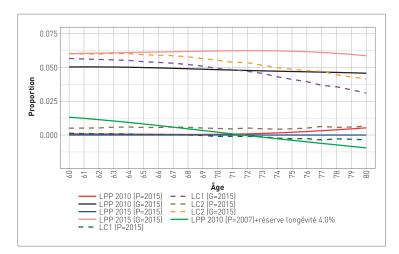
A Figure 2: Ecart (en %) entre diverses réserves mathématiques et les réserves mathématiques selon les tables LPP 2015 (P=2012), femmes



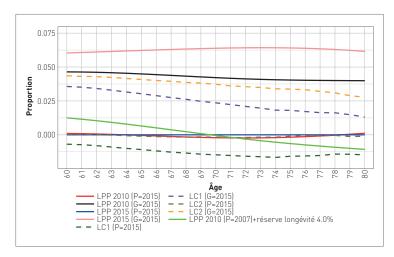
réserves mathématiques selon les tables LPP 2015 (P=2012), hommes

de Menthonnex, et donc les résultats obtenus sont identiques à ceux que l'on trouve en utilisant directement les tables LPP 2010 et 2015, et une deuxième fois en utilisant les probabilités de décès futures selon le modèle de Lee-Carter.

Les figures 2 et 3 présentent les résultats des réserves mathématiques des rentiers entre 60 et 80 ans pour l'année 2012, pour les femmes et pour les hommes respectivement. Les valeurs indiquées sont des valeurs relatives, en prenant pour base les réserves mathématiques trouvées en utilisant les tables de mortalité de la période 2012 tirées des tables LPP 2015. Cela nous permet de réaliser ce que coûterait à la caisse de pensions, en fonction de l'âge du rentier, un changement de tables. La légende doit être lue ainsi:



A Figure 4: Ecart (en %) entre diverses réserves mathématiques et les réserves mathématiques selon les tables LPP 2015 (P=2015), femmes



\Lambda Figure 5: Ecart (en %) entre diverses réserves mathématiques et les réserves mathématiques selon les tables LPP 2015 (P=2015), hommes

- LPP 2010: utilisation du modèle de Menthonnex (2009) pour la projection de la mortalité, modèle utilisé par les tables LPP 2010.
- LPP 2015: utilisation du modèle de Menthonnex (2015) pour la projection de la mortalité, modèle utilisé par les tables LPP 2015.
- LC1: modèle de Lee-Carter ajusté sur les années 1950-2007, projection de la mortalité dès 2008, indiqué en traitillé sur le graphique.
- LC2: modèle de Lee-Carter ajusté sur les années 1950-2012, projection de la mortalité dès 2013, indiqué en traitillé sur le graphique.
- P: utilisation de tables de mortalité périodiques. Par exemple, P=2012 signifie que la mortalité projetée en 2012 est utilisée pour le calcul des réserves.

G: utilisation de tables de mortalité de générations. Par exemple, G=2012 signifie que la mortalité de la génération ayant 60 ans en 2012 est utilisée pour le calcul des réserves d'un rentier de 60 ans.

Plusieurs points intéressants peuvent être soulevés:

- 1. Les réserves mathématiques selon les tables LPP 2010, projetées à la période 2012, et celles selon les tables LPP 2015, période de 2012, sont très proches. Elles diffèrent de moins de 0,6% à tout âge. Une caisse de pensions ayant utilisé les tables LPP 2010 périodiques projetées pour le calcul de ses engagements ne verra donc pas de grosse modification dans la valeur de ces derniers lorsqu'elle passera à l'utilisation des nouvelles tables LPP 2015.
- 2. Les réserves mathématiques selon les tables LPP 2010, période de 2007 (donc les observations et non les projections) auxquelles se rajoute une réserve de longévité de 2,5% ont également des valeurs très proches des tables LPP 2015, période 2012. On constate que la réserve de longévité telle qu'habituellement calculée dans la pratique surestime légèrement le financement nécessaire pour les jeunes retraités et sous-estime ce même financement pour les retraités plus âgés. De ce fait, en fonction de la structure de la caisse, la réserve de longévité peut financer le passage des tables LPP 2010 aux tables LPP 2015.
- Si les tables LPP 2010 utilisaient le modèle de Lee-Carter pour projeter la mortalité, on constate un très faible écart entre les réserves mathématiques calculées en utilisant la table de période projetée en 2012 et les réserves nécessaires selon les tables LPP 2015 pour l'année 2012, et ce en particulier pour les femmes.
- 4. Les réserves mathématiques résultant des tables de générations sont naturellement bien plus élevées que celles résultant des tables de périodes.
- 5. Le montant des réserves mathématiques selon les tables de générations pour 2012 résultant des tables LPP 2015 est bien plus élevé que celui résultant des tables LPP 2010, et ce en particulier pour les hommes. En effet, la figure 3 nous montre que le passage des tables LPP 2010 aux tables LPP 2015 lorsque les tables de générations sont utilisées nécessite un financement supplémentaire variant entre 1,5% et 2% à tout âge dès 65 ans. Cela est dû aux changements d'hypothèses apportés par Menthonnex à son modèle entre 2009 et 2015.

6. Si le modèle de Lee-Carter avait été utilisé dans les tables LPP 2010 et LPP 2015 pour les calculs par génération, les réserves auraient dû être significativement moins élevées pour les hommes.

Les figures 4 et 5 reprennent les figures 2 et 3, mais en analysant l'année 2015 au lieu de l'année 2012. Les constats qui peuvent être faits sont les mêmes.

5 Conclusion

La diminution constante de la mortalité depuis des dizaines d'années et la continuation de cette tendance pour les années à venir portent nécessairement tout praticien amené à travailler avec des tables de mortalité à se poser la question du choix de la table: tables de mortalité périodiques ou de générations? Il n'y a malheureusement pas de solution optimale. Les tables de générations incorporent directement les évolutions futures de la mortalité, telles qu'escomptées lors de leur création. Cependant, comme nous pouvons le voir au travers des figures 2 à 5, l'estimation des réserves mathématiques par le biais de tables de générations est bien plus sensible au choix du modèle de projection de la mortalité et à la période d'ajustement du modèle que les tables périodiques. En effet, les réserves mathématiques résultant de l'utilisation de la mortalité projetée selon le modèle de Lee-Carter diffèrent considérablement plus des réserves résultant de l'utilisation de la mortalité projetée selon le modèle de Menthonnex (tables LPP 2010 et LPP 2015) lorsque des tables de générations sont utilisées. Il y a donc une plus grande volatilité en regard de la valeur des réserves mathématiques lorsque des tables de générations sont considérées. De ce fait, à chaque changement de tables, il est fort probable que les réserves résultant de tables de générations doivent être adaptées dans une plus forte mesure que les réserves résultant de tables périodiques, cette adaptation pouvant être tant positive que négative.

Ce résultat peut s'expliquer simplement. Les modèles de projection diffèrent relativement peu lorsque la période de projection est courte. Lorsque des tables périodiques sont utilisées, les projections se font sur une durée maximale de cinq ans, à savoir la durée s'écoulant entre les mises à jour régulières des bases techniques. Cependant, lorsque des tables de générations sont utilisées, la mortalité doit être projetée sur une durée bien plus longue. Pour une personne de 60 ans, 50 années de projection sont nécessaires (jusqu'à ce qu'elle atteigne 110 ans). L'horizon étant plus lointain, les taux de mortalité projetés diffèrent bien plus entre les modèles.

L'incertitude due au choix du mauvais modèle est donc d'autant plus grande sur un horizon lointain. En effet, si l'on peut prévoir relativement facilement ce que sera la mortalité d'ici à cinq ans, il est cependant bien plus difficile de prévoir cette même mortalité dans 50 ans, voire sur des durées encore plus longues. Il n'est donc pas étonnant de voir des variations si importantes entre les différents modèles de projection lorsque des tables de générations sont utilisées.

En conclusion, quel que soit le type de tables choisies (périodiques ou de générations), des adaptations des réserves mathématiques devront être faites à chaque changement de tables. Ces adaptations seront très probablement plus importantes avec les tables de générations, celles-ci pouvant être tant positives que négatives. De telles adaptations n'existeraient pas dans le seul et unique cas où nous serions capables de développer un modèle de prédiction de la mortalité qui soit susceptible de prévoir avec certitude et exactitude les évolutions futures. Mais sommes-nous capables de prédire de telles évolutions sur près de 90 ans? Et que se passera-t-il le jour où les tables LPP changeront leur modèle de projection de la mortalité?

Références

Ronald D. Lee et Lawrence Carter (1992). Modeling and forecasting US mortality. Journal of the American Statistical Association, 87:659-671.

Jacques Menthonnex (2009). La mortalité par génération en Suisse: Evolution 1900-2150 et tables par génération 1900-2030. Rapport technique, Statistique Vaud - SCRIS.

Jacques Menthonnex (2015). Estimation des durées de vie par génération: Evolution 1900-2150 et tables de mortalité par génération 1900-2030 pour la Suisse. Rapport technique, Office fédéral de la statistique OFS.

> Prof. Dr. Séverine Arnold Département de sciences actuarielles Faculté des Hautes Etudes Commerciales Université de Lausanne

Remerciements

Séverine Arnold tient à remercier ses deux doctorantes, M^{me} Viktoriya Glushko et M^{me} Anca-Stefania Jijiie, ainsi que M. Maxime Odiet (étudiant ayant effectué son mémoire de master en sciences actuarielles sur le sujet), pour le travail fourni et les résultats produits dans le cadre de cette étude.