



Canadian
Institute
of Actuaries

Institut
canadien
des actuaires

Rapport provisoire

Rapport du Groupe de travail sur l'amélioration de la mortalité

document 217044

Ce document a été remplacé par le document 217097

Ce document a été archivé le 11 avril 2023

ARCHIVÉ

Rapport provisoire

Rapport du Groupe de travail sur l'amélioration de la mortalité

ARCHIVÉ

Avril 2017

Document 217044

This document is available in English

© 2017 Institut canadien des actuaires

NOTE DE SERVICE

À : Tous les Fellows, affiliés, associés et correspondants de l'Institut canadien des actuaires et autres parties intéressées

De : Pierre Dionne, président
Direction de la pratique actuarielle

Alexis Gerbeau, président
Groupe de travail sur l'amélioration de la mortalité

Date : Le 28 avril 2017

Objet : **Rapport du Groupe de travail sur l'amélioration de la mortalité (version provisoire)**

Date limite aux fins de commentaires : Le 30 juin 2017

Le Groupe de travail sur l'amélioration de la mortalité a préparé le présent rapport et sollicite les commentaires des membres de l'ICA et des autres parties intéressées.

Prière de faire parvenir vos commentaires au sujet du présent rapport à Chris Fievoli, à chris.fievoli@cia-ica.ca et à Alexis Gerbeau, président, à Alexis_Gerbeau@manulife.com.

PD, AG

ARCHIVÉ

Table des matières

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Sommaire..... | 4 |
| 2 | Contexte..... | 5 |
| 3 | Objectifs..... | 6 |
| 4 | Données..... | 7 |
| 5 | Analyse..... | 8 |
| 5.1 | Approche générale | 8 |
| 5.1.1 | Modèle des taux d'amélioration de la mortalité..... | 8 |
| 5.1.2 | Hypothèses des taux d'amélioration de la mortalité | 9 |
| 5.2 | Considérations au sujet de l'importance relative..... | 10 |
| 5.3 | Extension des données de la BDLC au moyen de données de la SV..... | 11 |
| 5.4 | Taux initiaux..... | 11 |
| 5.4.1 | Enjeux de graduation..... | 11 |
| 5.4.2 | Technique de graduation..... | 12 |
| 5.4.3 | Taux initiaux..... | 13 |
| 5.5 | Taux à long terme..... | 15 |
| 5.5.1 | Vue d'ensemble..... | 15 |
| 5.5.2 | Ce que nous révèle l'histoire au sujet des améliorations passées de la mortalité..... | 15 |
| 5.5.3 | Ce que nous apprennent les autres experts et organismes..... | 16 |
| 5.5.4 | Taux à long terme recommandés..... | 17 |
| 5.6 | Période et méthode de convergence..... | 19 |
| 5.6.1 | Période de convergence..... | 19 |
| 5.6.2 | Méthode de convergence..... | 20 |
| 6 | Segments de la population générale..... | 21 |
| 7 | Recommandation | 22 |
| 7.1 | Échelles..... | 22 |
| 7.1.1 | Taux d'amélioration initiaux et à long terme..... | 23 |
| 7.1.2 | Transition entre les taux historiques et les taux à long terme..... | 24 |
| 7.2 | Facteurs d'actualisation des rentes et espérance de vie..... | 25 |

| | | |
|-----|--|----|
| 7.3 | Cartes thermiques | 26 |
| 7.4 | Comparaison avec d'autres échelles | 28 |
| 8 | Annexe | 31 |
| 8.1 | Extension des données jusqu'à 2015 au moyen des données de la SV | 31 |
| 8.2 | Choix de la méthode et des paramètres pour la construction..... | 34 |
| 8.3 | Définition de l'indicateur de stabilité | 37 |
| 8.4 | Définition de l'indicateur de l'ajustement..... | 38 |
| 8.5 | Définition de l'indicateur de la qualité de la prévision | 39 |
| 8.6 | Définition de l'indicateur du degré de lissage..... | 39 |

ARCHIVÉ

1 Sommaire

Le présent rapport a été rédigé par le Groupe de travail sur l'amélioration de la mortalité de l'Institut canadien des actuaires (ICA). Il analyse le taux d'amélioration de la mortalité de la population canadienne et la construction d'une échelle de projection de la mortalité afin de tenir compte de l'amélioration future de la mortalité dans les travaux actuariels au Canada.

Les résultats présentés ici découlent en partie de l'examen des taux historiques d'amélioration de la mortalité observés jusqu'en 2011 dans les données sur la population canadienne générale enregistrées dans la Base de données sur la longévité canadienne, que complètent d'autres données du programme de la Sécurité de la vieillesse (SV) observées jusqu'en 2015. Cette analyse comprend l'application des techniques actuarielles standards de graduation des taux historiques volatils d'amélioration, afin de cerner les tendances sous-jacentes. Parallèlement, le Groupe de travail a aussi examiné les techniques couramment employées pour construire des échelles d'amélioration future de la mortalité qui combinent l'expérience historique et les avis d'experts sur les perspectives d'amélioration future des taux de mortalité de la population.

Le présent rapport présente une échelle bidimensionnelle d'amélioration de la mortalité, MI-2017. Cette échelle a été construite en supposant que les taux historiques observés d'amélioration de la mortalité tendront peut-être vers un taux d'amélioration hypothétique à long terme, et que cette transition se produira sur une période de 10 à 20 ans, qui variera selon l'âge. Le taux d'amélioration de la mortalité à long terme choisi avoisine la moyenne historique à long terme et se situe au milieu de la fourchette des avis typiques d'experts. Le tableau qui suit présente un échantillon des taux d'amélioration de la mortalité selon MI-2017 :

| Âge\ Année | Hommes | | | | | Femmes | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2013 | 2018 | 2023 | 2028 | 2033 | 2013 | 2018 | 2023 | 2028 | 2033 |
| 45 | 2,15 % | 1,75 % | 1,12 % | 1,00 % | 1,00 % | 1,29 % | 1,18 % | 1,03 % | 1,00 % | 1,00 % |
| 55 | 2,00 % | 1,80 % | 1,39 % | 1,05 % | 1,00 % | 1,41 % | 1,31 % | 1,15 % | 1,02 % | 1,00 % |
| 65 | 2,08 % | 1,69 % | 1,34 % | 1,10 % | 1,00 % | 1,78 % | 1,58 % | 1,32 % | 1,10 % | 1,00 % |
| 75 | 2,28 % | 1,76 % | 1,36 % | 1,09 % | 1,00 % | 1,67 % | 1,33 % | 1,12 % | 1,03 % | 1,00 % |
| 85 | 1,90 % | 1,57 % | 1,29 % | 1,08 % | 1,00 % | 1,39 % | 1,04 % | 0,94 % | 0,96 % | 1,00 % |

Nous recommandons aux actuaires canadiens de considérer utiliser MI-2017 pour leurs travaux au Canada. Ils jugeront peut-être approprié de modifier les hypothèses d'amélioration de la mortalité que recommande le Groupe de travail, afin de prendre en compte la nature de leur travail.

Ce rapport ne propose pas d'autres hypothèses pour différents segments de la population. De l'avis du Groupe de travail, l'actuaire pourrait juger approprié d'établir des hypothèses d'amélioration de la mortalité qui varient en fonction des segments de la population, lorsque des données observées récentes corroborent ces différences. Il

estime que l'échelle d'amélioration de la mortalité présentée ici et basée sur la population générale se situe dans une fourchette raisonnable pour la plupart des applications actuarielles au Canada.

En dépit de la recommandation précédente, le Groupe de travail est conscient que le choix d'une hypothèse d'amélioration de la mortalité est par nature subjectif, plus particulièrement en ce qui concerne l'échelle d'amélioration à long terme. Qui plus est, les taux d'amélioration de la mortalité à court terme sont volatils et l'expérience nouvelle devrait faire l'objet d'un suivi périodique.

2 Contexte

Les hypothèses d'amélioration de la mortalité sont utilisées par les actuaires dans tous les domaines de pratique. Jusqu'à présent, chaque domaine a formulé ses propres recommandations relativement à l'amélioration de la mortalité.

En février 2014, la Sous-commission sur l'expérience dans les rentes de retraite et les rentes collectives de la Commission de recherche a publié un rapport sur la mortalité des retraités canadiens, qui comprend une échelle d'amélioration de la mortalité (CPM-B) construite sur la base de l'expérience du Régime de pensions du Canada (RPC)/ Régime de rentes du Québec (RRQ) se terminant en 2007. Bien que les Normes de pratique ne prescrivent pas d'échelle d'amélioration de la mortalité pour l'évaluation des régimes de retraite au Canada, les actuaires canadiens utilisent souvent l'échelle CPM-B à cette fin, tel qu'il est recommandé de le faire dans la note éducative de mars 2014 de la Commission des rapports financiers des régimes de retraite, intitulée [Sélection des hypothèses de mortalité aux fins des évaluations actuarielles des régimes de retraite](#). Lorsqu'il s'agit de calculer les valeurs actualisées forfaitaires à payer aux participants admissibles d'un régime de retraite, les Normes de pratique prescrivent l'hypothèse de mortalité arrêtée en 2007, tandis que le Conseil des normes actuarielles (CNA) a promulgué pour ce faire l'utilisation de l'échelle d'amélioration CPM-B, effective à compter du 1^{er} octobre 2015¹.

En juillet 2011, le CNA a promulgué des [taux prescrits d'amélioration de la mortalité](#) qui sont mentionnés dans les Normes de pratique pour l'évaluation du passif des contrats d'assurance. Cette promulgation s'appuyait sur un [document de recherche](#) publié en septembre 2010. Ces taux prescrits d'amélioration de la mortalité se basaient sur l'expérience de la population générale, qui prenait fin en 2002. Puisque près de 15 années additionnelles de données sont maintenant disponibles, la Commission des rapports financiers des compagnies d'assurance-vie (CRFCV) a créé, en 2014, une Sous-commission sur les marges et l'agrégation pour l'amélioration de la mortalité en assurance-vie, chargée de mettre à jour les taux prescrits d'amélioration de la mortalité.

Dans le courant de 2014, plusieurs membres de la communauté actuarielle ont proposé la publication de conseils qui s'appliqueraient à tous les domaines de pratique, car il est

¹ La promulgation du CNA autorise l'utilisation temporaire d'une approximation simplificatrice de l'échelle CPM-B, afin de faciliter le passage à l'échelle bidimensionnelle d'amélioration de la mortalité.

généralement reconnu que les améliorations de la mortalité enregistrées dans les différents segments de la population sont corrélées. Un bon exemple de très forte corrélation est celui de la corrélation existant entre les retraités et les bénéficiaires d'une rente collective; ces deux groupes sont issus du même segment de la population.

La Commission de recherche a donc mis sur pied un Groupe de travail sur l'amélioration de la mortalité, composé de représentants des divers domaines de pratique, et elle lui a confié pour mission d'en arriver à une vision commune en matière d'amélioration de la mortalité. Les résultats issus des travaux du Groupe de travail pourraient ensuite être utilisés par les actuaires des divers domaines de pratique afin de formuler des conseils cohérents. La publication de conseils cohérents aura pour effet de mieux servir l'intérêt public en évitant que les actuaires de différents domaines de pratique émettent des conseils divergents. Nous croyons également que le fait de s'appuyer sur les connaissances des actuaires de tous les domaines de pratique a permis d'obtenir de meilleurs résultats.

Les taux d'amélioration de la mortalité ne peuvent être prévus avec certitude, puisqu'ils dépendent de plusieurs facteurs qui sont eux-mêmes difficiles à prévoir. C'est pourquoi les avis quant à leur ordre de grandeur futur, et même leur direction, varient grandement. Entre autres exemples de facteurs déterminants, citons les changements dans les habitudes de vie, les avancées médicales et l'accès aux soins médicaux. Le Groupe de travail a utilisé les plus récentes données disponibles et il a pris en considération une variété d'avis d'experts, avant d'en arriver à recommander des taux d'amélioration de la mortalité. Toutefois, il convient de souligner que l'amélioration future réelle peut être très différente de celle recommandée. Nous croyons que la recommandation du Groupe de travail est équilibrée; elle ne se situe à ni l'une ni l'autre des extrémités des avis.

3 Objectifs

Le Groupe de travail avait pour objectifs de :

- bien représenter les domaines de pratique pertinents;
- formuler une hypothèse de meilleure estimation pour les taux d'amélioration de la mortalité de la population générale canadienne;
- déterminer s'il y a lieu de modifier l'hypothèse de meilleure estimation pour la population générale pour les différents segments de la population;
- tirer parti, s'il y a lieu, du travail accompli par l'Institute and Faculty of Actuaries du Royaume-Uni et par la Society of Actuaries (SOA);
- éduquer les membres.

Le degré de prudence à adopter (marge pour écarts défavorables), qui est propre à chaque domaine de pratique, ne faisait pas partie de la portée de notre mandat.

La modélisation des taux d'amélioration de la mortalité est une tâche complexe. Les modèles qui projettent ces taux ont beaucoup évolué au cours de la dernière décennie et sont de plus en plus sophistiqués. Compte tenu de son échéancier, le Groupe de

travail n'avait pas pour objectif de créer un modèle révolutionnaire, mais d'utiliser de façon optimale les outils de modélisation actuellement disponibles.

4 Données

Pour ce qui est de formuler une hypothèse de meilleure estimation pour les taux d'amélioration de la mortalité de la population générale canadienne, le Groupe de travail a naturellement choisi les données sur la mortalité de la population canadienne.

À ce titre, Statistique Canada constitue la principale source de données, étant tenu par la loi de fournir des statistiques pour l'ensemble du Canada et pour chacune de ses provinces.

Statistique Canada fournit des données nationales sur la population, les ressources, l'économie, la société et la culture canadiennes, incluant des tables de mortalité. Les tables de mortalité sont disponibles périodiquement pour la période statistique 1990-2011. Les résultats sur la mortalité de la population sont ventilés en fonction de l'âge, du sexe, de la race et de la cause de décès. CANSIM est une base électronique de données produite par Statistique Canada et est mise à jour quotidiennement.

La Base de données sur la longévité canadienne (BDLC) constitue une autre source importante et comporte des données sur la mortalité au Canada pour toute la période comprise entre 1921 et 2011. Les données observées jusqu'en 2013 devraient être disponibles dans le courant de 2017. Les données sont disponibles selon l'âge atteint et selon le sexe. Créée par le département de démographie de l'Université de Montréal en collaboration avec le Max Planck Institute for Demographic Research, à Rostock, et le département de démographie de l'Université de Californie, à Berkeley, la BDLC est basée sur les statistiques de naissances et de décès produites par Statistique Canada. Il s'agit d'une base internationale de données qui renferme actuellement des données détaillées sur 37 pays ou régions.

Statistique Canada et la BDLC présentent des données similaires, mais pas tout à fait identiques. Par exemple, Statistique Canada présente des données pour les âges de 0 à 99 ans par année d'âge et ensuite pour l'intervalle ouvert 100+ ans, tandis que la BDLC présente les données pour les âges de 0 à 109 ans, et ensuite pour le groupe d'âge 110+ ans.

Le Groupe de travail a également été en mesure d'obtenir, à titre confidentiel, les décès totaux et les données d'exposition du programme de la SV pour la période comprise entre la fin de 2005 et la fin de 2015, disponibles par âge individuel de 65 à 94 ans et pour les âges combinés de 95 ans ou plus. Les populations de la SV et de la BDLC se recoupent considérablement aux années et aux âges pour lesquels elles sont disponibles. Étant donné que les expositions pour la SV reposent sur des données administratives plutôt que sur des données de recensement, comme c'est le cas de la BDLC, les taux de mortalité de la SV devraient être plus sûrs. La SV comporte moins de personnes exposées aux jeunes âges, mais un nombre similaire aux âges avancés. Les taux de mortalité de la SV sont plus élevés aux jeunes âges, mais similaires aux âges avancés.

Le Groupe de travail a décidé d'utiliser à la fois les données de la BDLC et celles de la SV. Les données de la BDLC sont facilement accessibles, cohérentes sur de longues périodes et leur cohérence facilite la comparaison entre régions. Les données de la SV ont permis au Groupe de travail d'utiliser des données plus récentes.

5 Analyse

5.1 Approche générale

Le Groupe de travail a abordé l'étude des taux d'amélioration de la mortalité selon l'approche générale résumée ci-après et il estime que cette approche est appropriée aux fins du présent rapport.

Bien qu'il soit instructif d'observer les tendances passées dans l'amélioration de la mortalité, le Groupe de travail ne croit pas qu'il convient de supposer qu'elles se prolongeront indéfiniment dans l'avenir. Dans ce rapport, les taux d'amélioration de la mortalité sont développés selon le schéma conceptuel suivant :

- Les données antérieures sur la mortalité sont graduées afin de déterminer l'amélioration initiale de la mortalité. Ces taux varient selon le sexe, l'âge et l'année.
- Les taux (ultimes) d'amélioration de la mortalité à long terme sont établis sur la base des taux moyens d'amélioration de la mortalité à long terme et sur les avis d'experts. Ces taux varient uniquement selon l'âge.
- Les taux d'amélioration de la mortalité sont supposés changer graduellement, passant des taux initiaux aux taux à long terme sur une période de convergence hypothétique.

5.1.1 Modèle des taux d'amélioration de la mortalité

Les caractéristiques et composantes du modèle sont les suivantes :

- Les taux d'amélioration de la mortalité sont bidimensionnels et varient selon l'âge et l'année.
- Les taux d'amélioration de la mortalité observés dans le passé sont lissés au moyen de techniques actuarielles standards de graduation.
 - Pour ce qui est des données à lisser relatives aux années les plus récentes, la dernière année des taux lissés précède la dernière année des données disponibles (c.-à-d. qu'il existe un décalage négatif (*step-back*) dans les taux historiques d'amélioration de la mortalité par rapport à la dernière année de données disponibles).
- Les taux d'amélioration de la mortalité sont interpolés entre l'expérience passée récente graduée (taux initiaux) et les taux hypothétiques d'amélioration de la mortalité à long terme, en ajustant une courbe entre la tendance récente et les taux à long terme.

Les détails du modèle, soit la méthode de graduation, le décalage négatif et les formules précises d'interpolation, font l'objet du reste de cette section.

5.1.2 Hypothèses des taux d'amélioration de la mortalité

Les hypothèses utilisées dans le modèle pour calculer les taux d'amélioration de la mortalité sont les suivantes :

- Les taux d'amélioration de la mortalité à long terme constituent eux-mêmes une hypothèse. Tel qu'il a été dit précédemment, les tendances prévues dans l'amélioration de la mortalité à long terme reposent en grande partie sur le jugement. La littérature abonde à ce sujet.
- La durée de la période précédant la réalisation des taux hypothétiques d'amélioration de la mortalité à long terme est elle aussi fondée sur le jugement. Cette période de convergence est une hypothèse du modèle.
- Les tendances dans l'amélioration de la mortalité ont été observées en fonction de l'âge (soit les tendances horizontales dans les tables de mortalité organisées par âge et par année) et par l'année de naissance (soit les tendances diagonales dans les tables de mortalité organisées par âge et par année, aussi appelées tendances par cohorte). La mesure dans laquelle les tendances horizontales et diagonales devraient se poursuivre dans l'avenir constitue une hypothèse du modèle.

Le lecteur trouvera, à la section 5.5, des informations sur le mode de sélection des taux d'amélioration de la mortalité à long terme pour ce rapport. À la section 5.6, on trouvera des informations sur la période de convergence et sur les tendances horizontales et diagonales.

L'approche générale décrite précédemment est souvent utilisée pour établir les taux d'amélioration de la mortalité à des fins actuarielles. Ces dernières années, plusieurs organismes actuariels de recherche ont eu recours à cette approche générale :

- L'organisme Continuous Mortality Investigation (CMI), de la profession actuarielle au R.-U., utilise une approche semblable pour établir les hypothèses d'amélioration de la mortalité pour les travaux actuariels au R.-U.²
- Des commissions de recherche de la SOA et de l'ICA ont respectivement adopté une approche semblable dans le cadre de la publication des hypothèses de mortalité pour l'évaluation des régimes de retraite aux États-Unis et au Canada³.
- Le Bureau de l'actuaire en chef emprunte une approche semblable pour projeter la composante mortalité des projections de population, qui servent ensuite à projeter la situation financière à long terme du programme SV et du RPC.

² Pour plus d'informations, consultez le [site Web](#) de Continuous Mortality Investigation.

³ Pour plus d'informations, consultez le [site Web](#) du Retirement Plans Experience Committee de la SOA, qui traite des échelles d'amélioration MP-2014 et MP-2015, de même que le [document de recherche](#) de l'ICA, qui traite de la mortalité des retraités canadiens.

Tel qu'il a été dit précédemment, le Groupe de travail a pour mandat de produire de l'information utile à tous les actuaires canadiens. Chaque domaine de pratique de la profession actuarielle au Canada a ses propres exigences en ce qui concerne l'inclusion de marges pour écarts défavorables dans les hypothèses actuarielles. Par conséquent, les taux d'amélioration de la mortalité déterminés dans ce rapport ont pour objectif de représenter une hypothèse de meilleure estimation. Chaque actuaire qui utilise cette information pour préparer un travail se doit d'établir des marges appropriées.

5.2 Considérations au sujet de l'importance relative

Nous l'avons vu, le développement de taux d'amélioration de la mortalité pour chaque âge et chaque sexe dépend de plusieurs paramètres : les taux initiaux, les taux à long terme, la durée de la période de transition, la méthode de convergence ainsi que la prise en compte des effets de cohorte.

L'importance relative a été l'un des facteurs pris en compte par le Groupe de travail dans ses décisions. Pour la mesurer, il a évalué l'impact des échelles d'amélioration proposées sur les facteurs d'actualisation des rentes et sur les espérances de vie à certains âges. Il est à noter que les impacts sur les facteurs d'actualisation des rentes sont habituellement moindres que ceux sur les espérances de vie, et ce, en raison de la valeur temporelle de l'argent.

Lorsque les impacts de la variation des paramètres ou des méthodes ont été jugés sans importance, l'approche la plus simple a été retenue. La réduction de la complexité a l'avantage d'accroître la transparence, de requièrre au minimum la probabilité d'erreurs et d'améliorer la compréhension de la méthode chez les personnes qui s'y connaissent peu dans la construction de tables de mortalité.

Il est à noter que le Groupe de travail s'est focalisé principalement sur les produits de retraite et d'assurance et sur les évaluations qui seront effectuées au cours de la prochaine décennie. Toutefois, d'autres programmes, surtout des régimes de sécurité sociale comme le RRQ, le RRQ et la SV, peuvent avoir un horizon de projection bien plus long que celui utilisé pour la majorité des produits de retraite et d'assurance, et ces programmes reposent surtout sur une méthode de projection avec entrants. De plus, lorsqu'on évalue la viabilité financière de ces programmes, on met l'accent surtout sur les flux monétaires non actualisés (sans prendre en compte la valeur temporelle de l'argent). Il s'ensuit que les considérations que le Groupe de travail a jugées sans importance dans le contexte de son travail peuvent revêtir de l'importance dans le développement d'hypothèses de taux d'amélioration de la mortalité pour ces programmes. En conséquence, il pourrait être approprié que les actuaires œuvrant pour les régimes de sécurité sociale au Canada modifient les hypothèses d'amélioration de la mortalité que recommande le Groupe de travail, afin de prendre en compte la nature de leur travail.

5.3 Extension des données de la BDLC au moyen des données de la SV

Les données de la BDLC ne dépassent pas pour l'heure l'année 2011. Le Groupe de travail a obtenu, à titre confidentiel, des données de la SV. Ces données sont regroupées par sexe, par année pour la période 2005-2015, et par âge pour les âges de 65 à 94 ans et pour la tranche 95 ans+. Les données de la SV ont servi à prolonger les données de la BDLC jusqu'à l'année 2015, et ce, pour tous les âges. L'extension n'est qu'une approximation pour les âges inférieurs à 65 ans, mais elle peut être considérée comme une amélioration de la qualité, au moins pour les âges de 66 à 94 ans. Le Groupe de travail a jugé souhaitable de prolonger les données en raison de l'écart existant entre l'année courante et la dernière année des données de la BDLC. Le lecteur trouvera une description détaillée de la méthode d'extension à la section 8.1.

5.4 Taux initiaux

5.4.1 Enjeux de graduation

D'ordinaire, les données sur l'amélioration brute de la mortalité forment un ensemble très volatil. La graduation a pour but d'atténuer le bruit des données, afin de pouvoir observer les taux hypothétiques d'amélioration sous-jacents et lisses.

Il est de bonne pratique de graduer un ensemble de données bidimensionnel (âges et années civiles) lorsqu'il s'agit de déterminer les taux d'améliorations de la mortalité. Plusieurs techniques donnent de bons résultats dans un espace bidimensionnel. Un grand nombre d'actuaire connaissent bien la méthode de Whittaker-Henderson (WH) depuis leurs années d'études, bien que celle-ci ne fasse plus partie du programme de la SOA. Ces dernières années, l'organisme CMAU au R.-U., fait grand usage d'une méthode de graduation appelée P-splines. En fait, WH est un cas particulier de la famille des P-splines. Le Groupe de travail a choisi d'utiliser WH parce que les actuaire canadiens la connaissent mieux, parce qu'il existe un bon logiciel sur le marché et parce qu'il était plus facile pour les membres du Groupe de travail de contrôler la graduation.

Bien qu'il soit possible de graduer les taux d'amélioration bruts, on obtient de meilleurs résultats, avec la plupart des ensembles de données, en graduant tout d'abord les taux de mortalité et en calculant ensuite les taux d'amélioration à partir des taux de mortalité lisses.

Le Groupe de travail a décidé de graduer les logarithmes des ratios des taux de mortalité bruts en fonction des taux d'une table de base lisse (ratio réel/prévu). Les coefficients de pondération de la graduation sont les décès prévus de la table de base. Les ratios R/P ont été choisis, car il n'était pas possible de graduer directement les taux de mortalité des nouveau-nés, puisque les taux de mortalité sont en pente descendante pendant les premières années de la vie. Étant donné que l'amélioration de la mortalité peut être considérée comme un processus multiplicatif, il est raisonnable d'utiliser le logarithme des taux ou des ratios de mortalité.

La table de base a été créée avec les données de la BDLC de la période 2002-2011, soit les 10 dernières années disponibles. Les âges de 0 à 2 ans ont été pris comme taux de mortalité bruts. Le reste des taux ont été obtenus par une graduation WH du logarithme des taux moyens, avec l'exposition moyenne comme coefficients de pondération. Les paramètres WH étaient une différence d'ordre 4 et un facteur de lissage de 500. Si ce facteur a été fixé à un niveau supérieur à ce que l'on utilise normalement pour ce type de graduation, c'est qu'il était important d'avoir une table de base lisse; la graduation bidimensionnelle produit des ratios R/P lisses, mais le résultat ne sera pas lisse si la table de base ne l'est pas elle-même. La qualité de l'ajustement de la table de base est moins importante, car la graduation bidimensionnelle prête aussi attention à la qualité de l'ajustement.

Toute graduation d'un ensemble bidimensionnel de données comporte plus de données sûres au milieu de l'ensemble, des données moins sûres sur les bords, tandis que les données les moins sûres sont situées dans les coins. La raison en est que la valeur graduée d'un point particulier est influencée par tous ses voisins, mais que sur les bords et dans les coins, il y a moins de voisins. Par conséquent, il est une bonne pratique d'éliminer des valeurs graduées celles situées sur les bords. C'est ce que l'on appelle opérer un décalage négatif, afin d'éviter les effets de bord. Habituellement, il faut opérer un décalage négatif de deux ou trois ans. Il n'est pas possible de procéder à un décalage négatif pour le bord qui représente l'âge zéro; il faudra donc tolérer une certaine imprécision.

5.4.2 Technique de graduation

WH minimise les sommes indiquées ci-dessous.

$$\sum \sum (Wt(Grad - Raw))^2 + h \sum \sum ({}_{hor} \Delta^m Grad)^2 + v \sum \sum ({}_{ver} \Delta^n Grad)^2$$

Le deuxième terme est la somme horizontale du carré des différences finies d'ordre m (dans notre cas, sur l'ensemble des années pour chaque âge), et le troisième représente la somme verticale du carré des différences finies d'ordre n (dans notre cas, sur l'ensemble des âges pour chaque année). Quatre paramètres doivent être choisis pour la graduation : les ordres des différences, m et n , et les facteurs d'équilibrage (ou de lissage), h et v .

Il est utile, quoique non obligatoire, que les coefficients de pondération soient rajustés de façon que leur somme soit le nombre de nombres à graduer. C'est ce que l'on appelle la normalisation des coefficients de pondération. Ce faisant, la recherche des bonnes valeurs de h et v s'en trouve simplifiée.

La graduation utilise le logarithme des ratios R/P comme valeur de « Raw » et les décès prévus normalisés comme valeur de « Wt ». Les ordres des différences (m et n) sont de 2 dans les deux cas, et les facteurs d'équilibrage (h et v) sont tous les deux égaux à 300. La justification de ces choix est donnée à la section 8.2.

Les taux d'amélioration sont calculés directement avec les nombres gradués :

$$\text{Imp}(x, y) = 1 - \exp(\text{grad}(x, y) - \text{grad}(x, y - 1))$$

Les taux initiaux d'amélioration de la mortalité ont été calculés sur les années civiles 1968 à 2015, et il a été décidé d'opérer un décalage négatif de deux ans.

Par conséquent, la dernière année des taux historiques d'amélioration dans les taux initiaux est 2013, et la première année de projection est donc 2014.

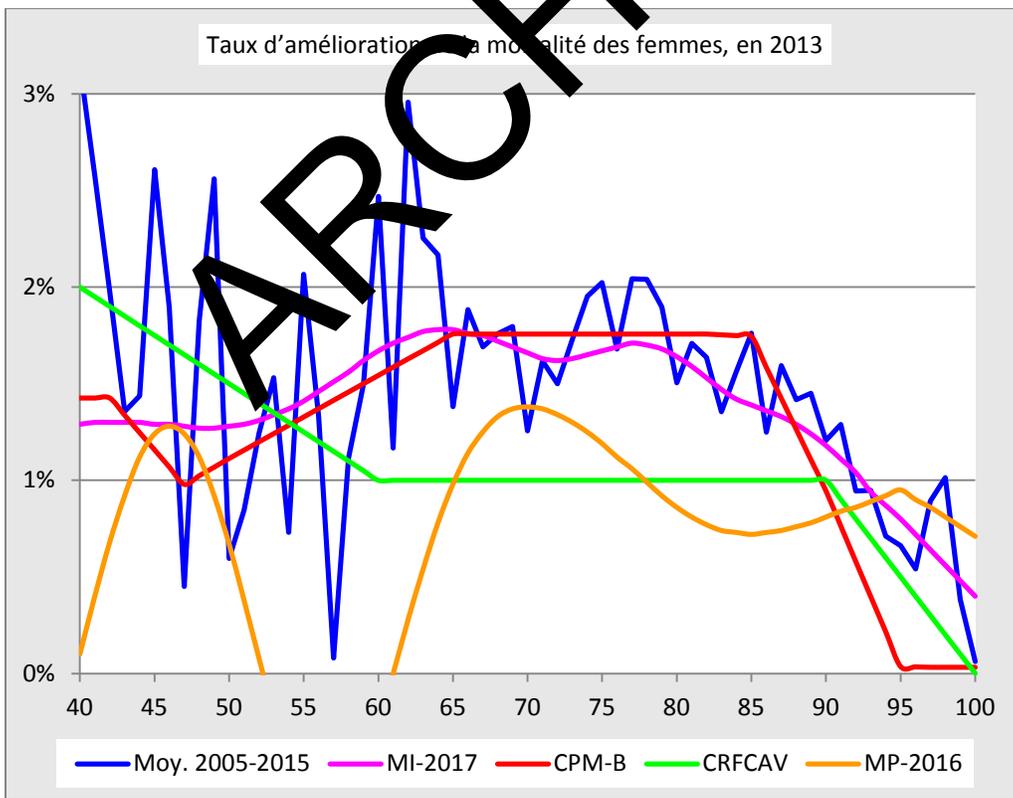
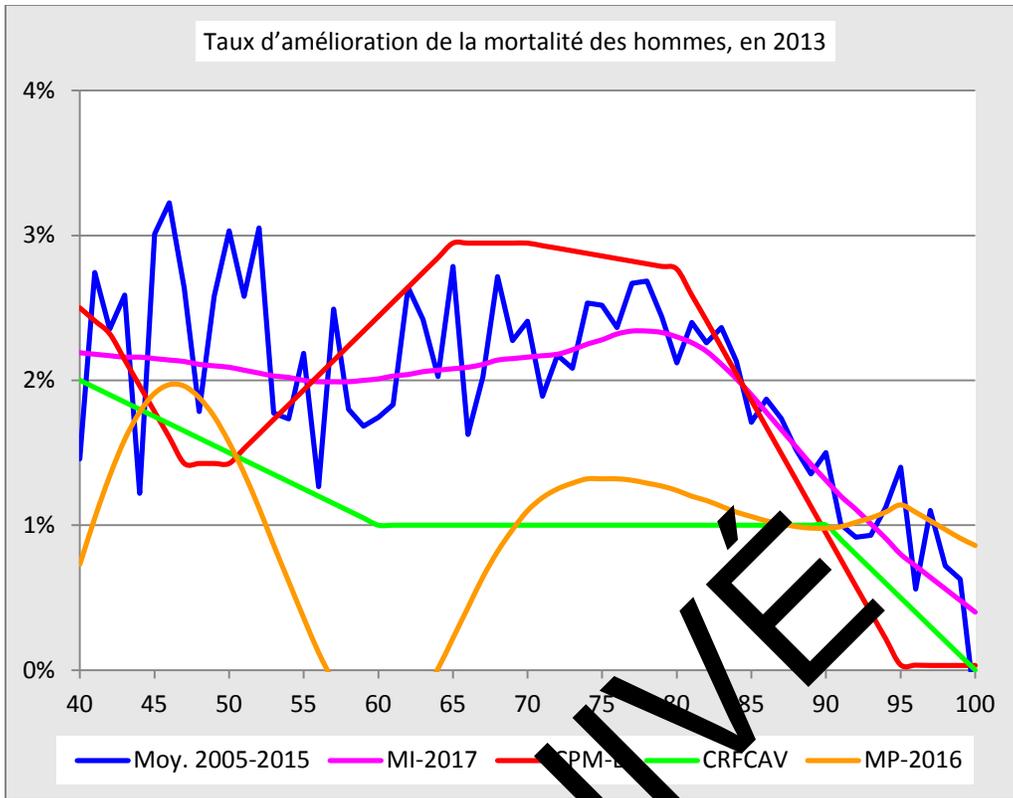
Bien que les taux d'amélioration aient été calculés jusqu'à l'âge de 100 ans, les taux aux âges les plus avancés ne peuvent être considérés comme étant sûrs, parce qu'il existe peu de données pour ces âges. C'est pourquoi il a été décidé d'opérer un décalage négatif de cinq ans pour les âges avancés. Les taux d'amélioration pour les âges supérieurs à 95 ans sont calculés par interpolation linéaire entre le taux à l'âge de 95 ans et la valeur de zéro pour l'âge de 105 ans ou les âges supérieurs.

5.4.3 Taux initiaux

Les taux initiaux des hommes et des femmes se définissent comme étant les taux d'amélioration par âge qui recouvrent les années civiles 1970 à 2013, et qui résultent de la graduation décrite à la section précédente. L'année 2013 correspond à un décalage de deux ans et l'année 2014 est la première année de projection.

Les graphiques qui suivent montrent les taux résultants en 2013 (de MI-2017) en comparaison des taux d'amélioration moyens sur 20 ans et des autres échelles publiées (la moyenne est calculée par une régression linéaire du logarithme des taux de mortalité bruts à chaque âge pour les années 2005-2013).

ARCHIVÉ



5.5 Taux à long terme

5.5.1 Vue d'ensemble

Les taux d'amélioration de la mortalité à long terme sont une hypothèse cruciale de MI-2017 (ou de toute échelle d'amélioration de la mortalité). Le Groupe de travail est conscient que le choix de l'hypothèse à long terme est également l'un des aspects les plus subjectifs qui font intervenir le plus un élément de jugement, et qui est autant, sinon plus, un regard dans le futur qu'un regard dans le passé. De nombreux facteurs, chacun s'accompagnant de sa propre incertitude, peuvent avoir un impact sur une hypothèse aux conséquences lourdes, telle que l'amélioration de la mortalité de la population canadienne.

Si nous regardons derrière nous, nous constatons que la mortalité s'est constamment améliorée grâce à une succession d'avancées médicales, de meilleures campagnes de sensibilisation de santé publique et à une augmentation générale du niveau de vie dans les pays développés. Dans un certain nombre de domaines de la recherche médicale, des sommes colossales ont été investies afin de combattre des maladies encore plus redoutables. Tout cela représente un élan du passé et influe souvent lourdement sur les délibérations de l'actuaire en matière d'amélioration de la mortalité.

Il est plus difficile de regarder devant nous. Depuis le tournant du dernier siècle, les pays développés ont connu une période sans précédent de croissance économique et de prospérité. Dopées par les bas prix de l'énergie (pétrole et gaz naturel), les économies ont crû constamment et de larges segments de la population ont bénéficié d'une hausse constante de leur niveau de vie, ce qui s'est accompagné d'innovations technologiques progressant à un rythme époustouflant.

Le Groupe de travail a analysé les tendances historiques et a étudié un large éventail d'avis d'experts du domaine, afin de formuler une hypothèse de taux d'amélioration de la mortalité à long terme de 1,0 % pour les âges inférieurs ou égaux à 90 ans, de 0,2 % à l'âge de 100 ans et de 0 % à l'âge de 105 ans. Les taux à long terme compris entre les âges de 90 ans, de 95 ans et de 105 ans supposent une gradation linéaire.

5.5.2 Ce que nous révèle l'histoire au sujet des améliorations passées de la mortalité

Afin de nous aider à mieux comprendre les tendances dans la mortalité future, le Groupe de travail a examiné et analysé les taux historiques d'amélioration de la mortalité au Canada sur la période 1921-2011, en se fondant sur la BDLC.

Le tableau suivant indique les moyennes à long terme des hommes et des femmes pour diverses périodes et divers groupes d'âge.

| Groupe d'âge | 90 dernières années | | | 50 dernières années | | | 20 dernières années | | |
|--------------|---------------------|--------|--------------------|---------------------|--------|--------------------|---------------------|--------|--------------------|
| | H | F | Les 2 sexes réunis | H | F | Les 2 sexes réunis | H | F | Les 2 sexes réunis |
| 20-39 | 1,67 % | 2,93 % | 2,18 % | 1,68 % | 1,73 % | 1,69 % | 2,57 % | 1,30 % | 2,18 % |
| 40-64 | 1,09 % | 1,64 % | 1,32 % | 2,08 % | 1,59 % | 1,90 % | 2,23 % | 1,56 % | 1,98 % |
| 65-74 | 0,85 % | 1,49 % | 1,12 % | 1,73 % | 1,53 % | 1,65 % | 2,75 % | 1,69 % | 2,34 % |
| 75-84 | 0,71 % | 1,25 % | 0,97 % | 1,19 % | 1,41 % | 1,30 % | 2,38 % | 1,69 % | 2,07 % |
| 85-94 | 0,46 % | 0,77 % | 0,65 % | 0,59 % | 0,88 % | 0,77 % | 1,12 % | 0,88 % | 0,97 % |
| 95-99 | 0,04 % | 0,32 % | 0,25 % | 0,20 % | 0,37 % | 0,33 % | 0,45 % | 0,21 % | 0,27 % |
| 20+ | 0,82 % | 1,23 % | 1,03 % | 1,43 % | 1,23 % | 1,33 % | 2,14 % | 1,30 % | 1,74 % |
| 40+ | 0,78 % | 1,17 % | 0,98 % | 1,42 % | 1,23 % | 1,33 % | 2,13 % | 1,30 % | 1,73 % |
| 65+ | 0,67 % | 1,07 % | 0,88 % | 1,18 % | 1,15 % | 1,17 % | 2,09 % | 1,25 % | 1,67 % |
| 85+ | 0,43 % | 0,71 % | 0,61 % | 0,56 % | 0,80 % | 0,72 % | 1,06 % | 0,77 % | 0,88 % |

Il importe de noter que les taux historiques d'amélioration de la mortalité aux tranches d'âges avancés, qui figurent dans le tableau ci-dessus, sont calculés avec moins d'expositions que ceux aux jeunes âges, et que par conséquent la crédibilité de l'expérience passée est moindre.

5.5.3 Ce que nous apprennent les autres experts et organismes

En examinant les résultats et les sondages disponibles relativement aux projections de mortalité produites par divers organismes au Canada et ailleurs dans le monde, le Groupe de travail a constaté que l'hypothèse du taux à long terme se situait, en grande partie, dans la fourchette comprise entre 0,8 % et 1,2 %. Cet intervalle nous donne un point de référence et nous permet de nous assurer que notre vision de la longévité future est similaire à celle des autres experts de l'industrie.

Les meilleures estimations des hypothèses du taux à long terme d'amélioration de la mortalité de la population générale au Canada ainsi qu'aux É.-U. et au R.-U. sont indiquées dans le tableau qui suit. Il est à noter que les taux d'amélioration de la mortalité ne peuvent être dissociés de la table de mortalité sous-jacente. C'est pourquoi il faut faire preuve de prudence lorsque l'on compare les taux d'amélioration de la mortalité de différents pays et de différentes sous-populations d'un même pays.

| Taux hypothétique à long terme d'amélioration annuelle de la mortalité | | | | | | | | | |
|--|---------|--|--|---|--|--|--|-------|--|
| Âge | MI-2017 | Statistique Canada, 2015 (Hommes) ¹ | Statistique Canada, 2015 (Femmes) ¹ | 27 ^e Rapport actuariel du RPC ² | Rapport 2016 des Trustees (É.-U.) ³ | Rapport 2015 du Technical Panel (É.-U.) ⁴ | Rapport actuariel du RRQ au 31 déc. 2015, 2046-2055 ⁵ | | Rapport 2014 de l'ONS (R.-U.) ⁶ |
| | | | | | | | H | F | |
| 20 | 1,0 % | 1,2 % | 1,0 % | 0,80 % | 1,01 % | 1,00 % | 0,5 % | 0,5 % | 1,20 % |
| 40 | 1,0 % | 0,9 % | 1,0 % | 0,80 % | | | 0,5 % | 0,5 % | |
| 65 | 1,0 % | 1,3 % | 1,1 % | 0,80 % | 0,74 % | | 0,9 % | 1,1 % | |
| 75 | 1,0 % | 1,1 % | 1,0 % | 0,80 % | | 1,3 % | 1,3 % | | |
| 85 | 1,0 % | 0,6 % | 0,7 % | 0,80 % | 0,49 % | 0,5 % | 0,5 % | | |
| 95 | 0,6 % | 0,1 % | 0,1 % | 0,45 % | | 0,5 % | 0,5 % | | |
| 100 | 0,2 % | 0,0 % | 0,1 % | 0,30 % | | 0,2 % | 0,4 % | | |
| 105 | 0,0 % | 0,0 % | 0,0 % | 0,10 % | | 0,2 % | 0,4 % | | |

¹ Hypothèse moyenne des Projections démographiques pour le Canada, par la période 2031/2032, Statistique Canada, 2015.

² Le 27^e Rapport actuariel du Régime de pensions du Canada au 31 décembre 2015.

³ Les hypothèses intermédiaires ultimes du rapport 2016 des Trustees correspondent à la période 2040-2090.

⁴ Les hypothèses ultimes du rapport 2015 du Technical Panel correspondent à la période 2039-2089.

⁵ Les taux d'amélioration de la mortalité (IAM) du RRQ sont indiqués par décennies. Pour les âges supérieurs à 50 ans, les ratios mortalité-incidence de la décennie 2036-2045 sont légèrement supérieurs à ceux indiqués, tandis que ceux de la décennie 2051-2065 sont légèrement inférieurs à ceux indiqués (surtout chez les hommes).

⁶ Les principales hypothèses des projections de 2014 de l'Office of National Statistics du R.-U. correspondent à la période 2038+.

5.5.4 Taux à long terme recommandés

Après examen des tendances historiques d'amélioration de la mortalité et des avis d'experts, le Groupe de travail estime raisonnable de supposer que le taux à long terme d'amélioration de la mortalité continuera de se situer au taux historique observé de 1 % pour les âges allant jusqu'à 90 ans. Les taux d'amélioration de la mortalité à long terme tombent à 0,2 % à l'âge de 100 ans et à 0 % à l'âge de 105 ans. On suppose la même réduction annuelle du taux de mortalité chez les hommes et les femmes. Au Canada, les taux d'amélioration ont été plus élevés chez les hommes que chez les femmes, mais le Groupe de travail a observé que les espérances de vie des hommes ont convergé vers les espérances de vie plus élevées des femmes au cours des 20 dernières années. En conséquence, le Groupe de travail a conclu que les taux à long terme des hommes devraient être les mêmes que ceux des femmes à la fin de la période de convergence.

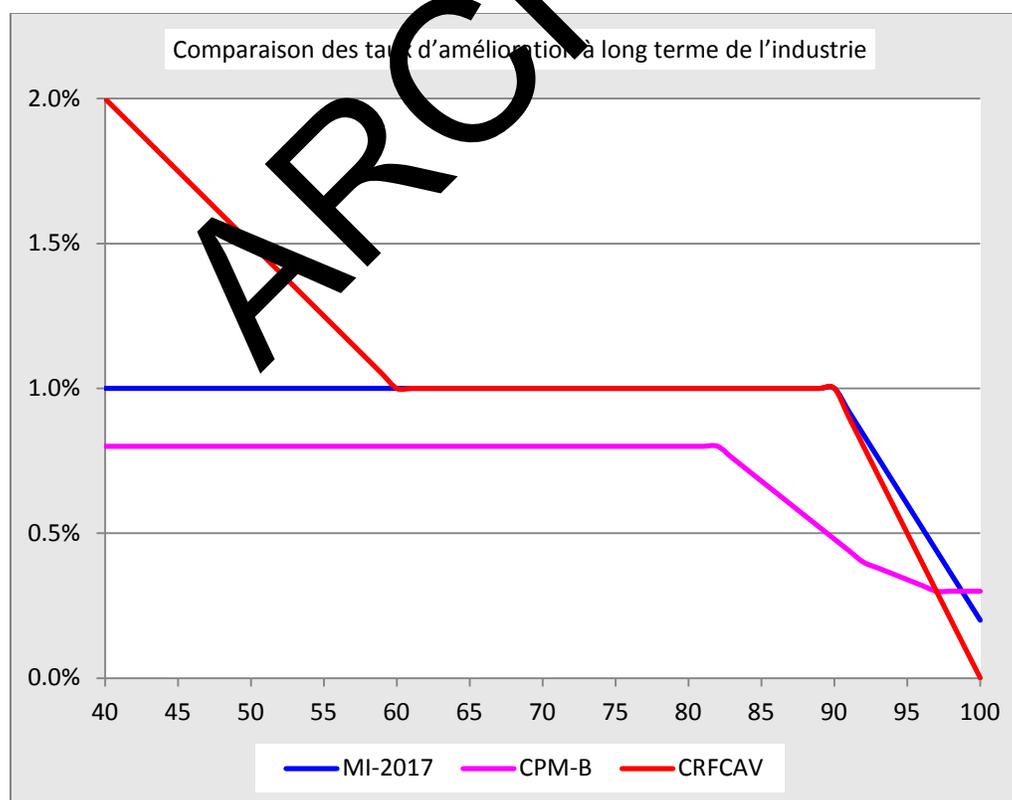
Le Groupe de travail a intégré une modeste provision aux taux d'amélioration de la mortalité aux âges supérieurs à 100 ans, afin de tenir compte de l'incertitude qui

caractérise l'amélioration de la mortalité à tous les âges, mais surtout aux âges avancés. Le Groupe de travail estime que le passé nous enseigne que l'amélioration de la mortalité peut se produire à des âges pour lesquels l'expérience passée n'est pas encore crédible.

Le tableau suivant présente les taux annualisés moyens projetés d'amélioration de la mortalité avec l'échelle MI-2017 proposée, à partir de l'année 2016.

| Groupe d'âge | 90 prochaines années | | | 50 prochaines années | | | 20 prochaines années | | |
|--------------|----------------------|--------|-----------------------|----------------------|--------|-----------------------|----------------------|--------|-----------------------|
| | H | F | Les deux sexes réunis | H | F | Les deux sexes réunis | H | F | Les deux sexes réunis |
| 20+ | 0,99 % | 0,94 % | 0,96 % | 1,04 % | 0,95 % | 0,99 % | 1,25 % | 1,02 % | 1,13 % |
| 40+ | 0,99 % | 0,93 % | 0,96 % | 1,04 % | 0,95 % | 0,99 % | 1,20 % | 1,02 % | 1,13 % |
| 65+ | 0,99 % | 0,92 % | 0,95 % | 1,03 % | 0,94 % | 0,98 % | 1,24 % | 0,99 % | 1,10 % |
| 85+ | 0,91 % | 0,84 % | 0,87 % | 0,93 % | 0,85 % | 0,88 % | 1,05 % | 0,86 % | 0,92 % |

Le graphique suivant montre les taux d'amélioration à long terme proposés, comparés aux échelles CPM et CRFCAV.



5.6 Période et méthode de convergence

5.6.1 Période de convergence

Le choix de la période de convergence dans notre modèle d'amélioration de la mortalité fait intervenir une grande part de jugement de la part du professionnel. Pour établir cette hypothèse, la principale chose à considérer, c'est la longueur des cycles de taux d'amélioration de la mortalité qui ont été observés dans le passé. L'inspection visuelle des cartes thermiques historiques est utile en ce sens.

En l'absence d'une analyse quantitative convaincante, le Groupe de travail a décidé d'adopter une période de convergence semblable à celle supposée pour la construction récente d'autres échelles d'amélioration de la mortalité. L'hypothèse retenue par le CMI, au R.U., est une période de convergence de 10 ans pour les âges de 20 à 50 ans, de 20 ans pour les âges de 60 à 80 ans, et de cinq ans pour l'âge de 95 ans ou les âges supérieurs, avec interpolation linéaire pour les autres âges. Une période de convergence de 20 ans a été supposée pour tous les âges dans le cas du 2^e Rapport du RPC (2014) et des échelles CPM-B (2014) et MP-2014. L'échelle MP-2014 utilise une combinaison de 10 ans (tendance horizontale) et 20 ans (tendance diagonale). Ces informations sont présentées sous forme de tableau, à la section 7. Ainsi, 20 ans est la période de convergence la plus souvent supposée ces dernières années pour la construction d'échelles d'amélioration, pour ce qui est des âges de 60 à 80 ans. Le Groupe de travail estime que cette période de convergence est raisonnable au vu des cartes thermiques historiques.

Les cartes thermiques révèlent que les taux d'amélioration historiques ont eu tendance à être plus volatils aux jeunes âges qu'aux âges avancés. Il a donc semblé raisonnable d'utiliser une période de convergence plus courte pour les jeunes âges, comme l'a supposé le CMI.

Aux âges très avancés (90 ans ou plus), on pourrait objecter que les taux élevés d'amélioration ont été observés sur une période plus courte qu'aux âges plus jeunes, que l'expérience est moins crédible et que, par conséquent, la période de convergence devrait être plus courte aux âges avancés, comme l'a supposé le CMI. Toutefois, les cartes thermiques indiquent l'existence d'une tendance à la hausse à long terme dans les taux d'amélioration de la mortalité aux âges avancés, qui est comparable à celle observée aux âges plus jeunes. Un autre argument pour ne pas raccourcir la période de convergence aux âges très avancés est le fait que l'écart entre les taux à long terme et les taux initiaux d'amélioration de la mortalité aux âges avancés est plus faible qu'aux âges de 60 à 80 ans. Il est donc moins important d'avoir une période de convergence différente. Le Groupe de travail est donc d'avis que la période de convergence supposée aux âges très avancés devrait être la même que celle se rapportant aux âges de 60 à 80 ans.

Le Groupe de travail a décidé de supposer une période de convergence de 10 ans (jusqu'à 2023) pour les âges de 0 à 40 ans et une période de convergence de 20 ans

(jusqu'à 2033) pour les âges de 60 ans ou plus. Pour ce qui est des âges de 41 à 59 ans, la période de transition est interpolée linéairement (et non pas arrondie).

5.6.2 Méthode de convergence

Le Groupe de travail est d'avis qu'on peut supposer que les taux d'amélioration progresseront peu à peu, passant des taux récents aux taux à long terme. Bien entendu, l'hypothèse a trait à la tendance et non aux taux réels d'amélioration que l'on observe au fil du temps, car on s'attend encore à ce que les taux réels soient volatils d'année en année et d'âge en âge.

Le Groupe de travail a examiné l'approche utilisée par le CMI, soit une cubique allant du dernier taux d'amélioration historique au taux à long terme. La pente est fixée à zéro dans l'année ultime, et un troisième point est estimé pour l'année médiane de la transition.

Le Retirement Plans Experience Committee (RPEC) de la SOA utilise aussi des cubiques pour la période de transition dans MP-2016. Plutôt que d'estimer un troisième point, le RPEC a utilisé, comme pente initiale de la cubique, la pente de régression entre les deux derniers taux d'amélioration historiques. La pente ne pouvait dépasser 0,003 en valeur absolue. Le RPEC a utilisé deux cubiques, une située le long des âges atteints et une le long des cohortes de naissances, estimant que l'effet de cohorte observé serait ainsi mieux préservé.

Le Groupe de travail a décidé d'utiliser une approche semblable à celle utilisée par le RPEC, mais les résultats de tests ont indiqué qu'il n'y avait rien à gagner à utiliser l'approche compliquée avec deux cubiques. Il a jugé que l'effet de cohorte était suffisamment pris en compte par une interpolation cubique le long des âges atteints.

Afin d'assurer une douce transition, le Groupe de travail a décidé d'ajuster une équation cubique entre 2013 (soit la dernière année du taux gradué historique d'amélioration après le décalage négatif) et le taux à long terme. La pente est censée avoir une valeur nulle à l'âge ultime, et la pente au début a été choisie comme étant la pente de 2012 à 2013, jusqu'à une valeur absolue maximale de 0,003. Il existe une équation distincte pour chaque âge. On n'a pas cherché à lier les équations successives, car les taux historiques par âge et les taux à long terme étaient suffisamment lisses.

L'équation cubique s'exprime comme suit :

$$\begin{aligned} Imp(x, y) = & Imp(x, 2013) + m(y - 2013) \\ & - \frac{2m(yUlt - 2013) - 3(Imp(x, yUlt) - Imp(x, 2013))}{(yUlt - 2013)^2} (y - 2013)^2 \\ & + \frac{m(yUlt - 2013) - 2(Imp(x, yUlt) - Imp(x, 2013))}{(yUlt - 2013)^3} (y - 2013)^3 \end{aligned}$$

où y désigne l'année d'amélioration, x représente l'âge, m la pente à 2013 et $yUlt$ la première année à laquelle le taux à long terme s'applique.

6 Segments de la population générale

Il y a très peu de données disponibles pour étudier l'amélioration de la mortalité à un niveau plus fin que la population générale et pour déterminer si l'hypothèse de meilleure estimation pour la population générale pourrait ou devrait être modifiée pour différents segments de la population. Le Groupe de travail n'a pas produit de nouvelle analyse sur la question, mais il a effectué une revue de la littérature.

En 2013, l'ICA a publié un document de Louis Adam, qui porte sur les taux d'amélioration de la mortalité⁴. Cette étude repose sur les données administratives individuelles des retraités canadiens âgés de plus de 60 ans, et analyse les taux d'amélioration de la mortalité selon le sexe, l'âge, le revenu, la source des données (RPC, RRQ et les deux régimes réunis) sur diverses périodes se terminant en 2007. L'étude a permis, entre autres constatations, de trouver des écarts dans les taux d'amélioration de la mortalité selon le revenu et selon la source des données, surtout chez les hommes.

Un document publié en 2011, produit par Towers Watson et préparé par la SOA, est un autre exemple d'ouvrage qui étudie des segments de la population ayant un lien direct avec le travail de l'actuaire, tels que fumeurs ou non-fumeurs, assurés et rentiers. D'autres ouvrages traitent de l'impact des profils socio-économiques, et utilisent une variété de techniques pour le mesurer.

En voici les principales observations :

- Plusieurs ouvrages ont conclu qu'aux É.-U., l'amélioration de la mortalité avait été plus élevée chez les classes socio-économiques supérieures durant la période comprise approximativement entre 1980 et 2000. L'inégalité de la longévité chez les segments socio-économiques s'est donc accrue aux É.-U. durant cette période.
- Les auteurs de certains ouvrages ont conclu que l'inégalité de la longévité chez les segments socio-économiques avait diminué au R.-U. et au Canada durant la période 2000-2010.
- L'amélioration de la mortalité des fumeurs a été inférieure à celle des non-fumeurs.

De l'avis du Groupe de travail, l'actuaire pourrait juger approprié d'établir des hypothèses d'amélioration de la mortalité qui varient en fonction des segments de la population, lorsque des données récentes corroborent ces différences. Le Groupe de travail estime que l'échelle d'amélioration de la mortalité présentée ici et basée sur la population générale se situe dans une fourchette raisonnable pour la plupart des travaux que les actuaires ont à accomplir au Canada.

⁴ Document 213012, [La table de mortalité des retraités canadiens – Tendances historiques de l'amélioration de la mortalité et un modèle de projection proposé reposant sur les données du RPC/RRQ au 31 décembre 2007.](#)

7 Recommandation

L'échelle d'amélioration de la mortalité que recommande le Groupe de travail a pour nom ICA MI-2017 (ou MI-2017 sous sa forme abrégée). Dans cette section, nous montrons les taux des échelles et les comparons avec ceux d'autres échelles publiées.

7.1 Échelles

Les taux d'amélioration recommandés de l'échelle ICA MI-2017 varient selon le sexe, l'âge atteint et l'année civile. Ils se composent de taux initiaux par sexe pour la période 1970-2013, qui convergent vers des taux à long terme unisexes sur une période maximale de 20 ans (plus courte pour les plus jeunes âges) selon l'âge atteint, le long de courbes cubiques.

L'ensemble complet des taux de l'échelle ICA MI-2017 est fourni dans un classeur Excel, disponible pour sauvegarde sur le site de l'ICA, nommé « [Constructing MI-2017](#) », dans les onglets "MI-2017 Male" et "MI-2017 Female". Le classeur contient aussi le code VBA qui permet le calcul d'échelles similaires avec une variation des paramètres, qui serait utile pour les fins d'analyse de sensibilité; voir l'onglet "Parameters" et suivre les instructions.

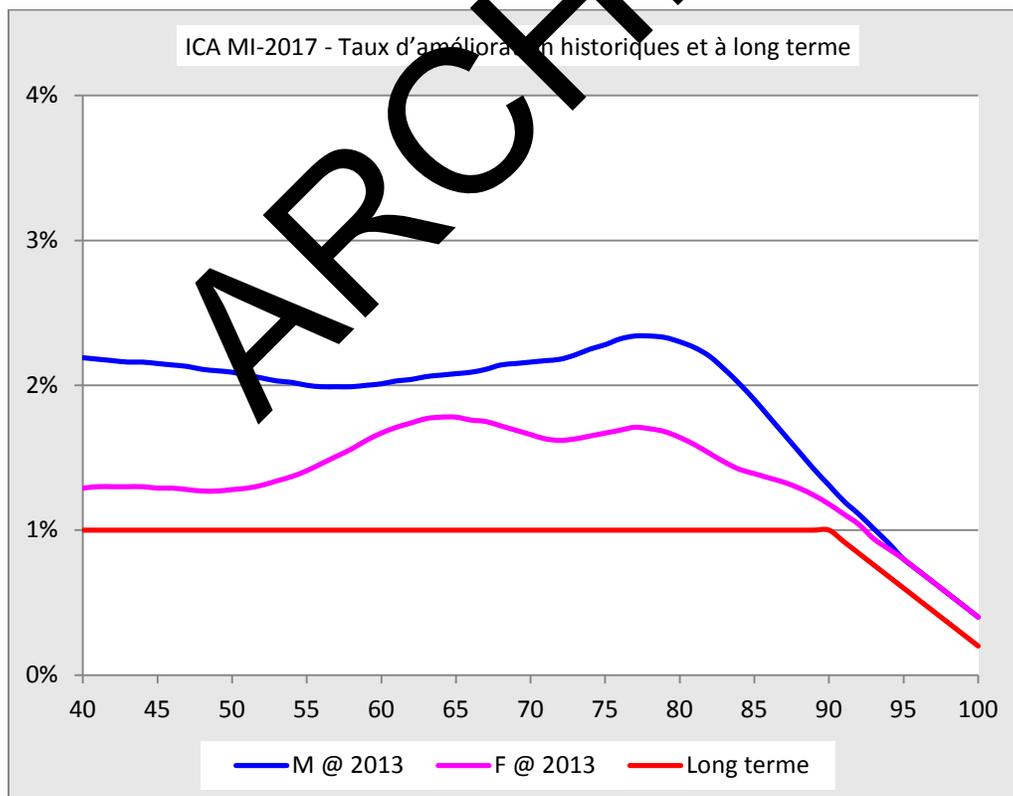
Les tableaux suivants illustrent des taux pour certains âges à partir de 2013 :

| Hommes | | | | | |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Âge atteint\Année civile | 2013 | 2018 | 2023 | 2028 | 2033 |
| 45 | 2,15 % | 1,75 % | 1,12 % | 1,00 % | 1,00 % |
| 55 | 2,00 % | 1,80 % | 1,39 % | 1,05 % | 1,00 % |
| 65 | 2,05 % | 1,69 % | 1,34 % | 1,10 % | 1,00 % |
| 75 | 2,08 % | 1,76 % | 1,36 % | 1,09 % | 1,00 % |
| 85 | 1,90 % | 1,57 % | 1,29 % | 1,08 % | 1,00 % |

| Femmes | | | | | |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Âge atteint \ Année civile | 2013 | 2018 | 2023 | 2028 | 2033 |
| 45 | 1,29 % | 1,18 % | 1,03 % | 1,00 % | 1,00 % |
| 55 | 1,41 % | 1,31 % | 1,15 % | 1,02 % | 1,00 % |
| 65 | 1,78 % | 1,58 % | 1,32 % | 1,10 % | 1,00 % |
| 75 | 1,67 % | 1,33 % | 1,12 % | 1,03 % | 1,00 % |
| 85 | 1,39 % | 1,04 % | 0,94 % | 0,96 % | 1,00 % |

7.1.1 Taux d'amélioration initiaux et à long terme

Le graphique qui suit établit une comparaison entre les taux d'amélioration pour 2013 (soit la dernière année des taux d'amélioration initiaux après le décalage négatif) et les taux d'amélioration à long terme.

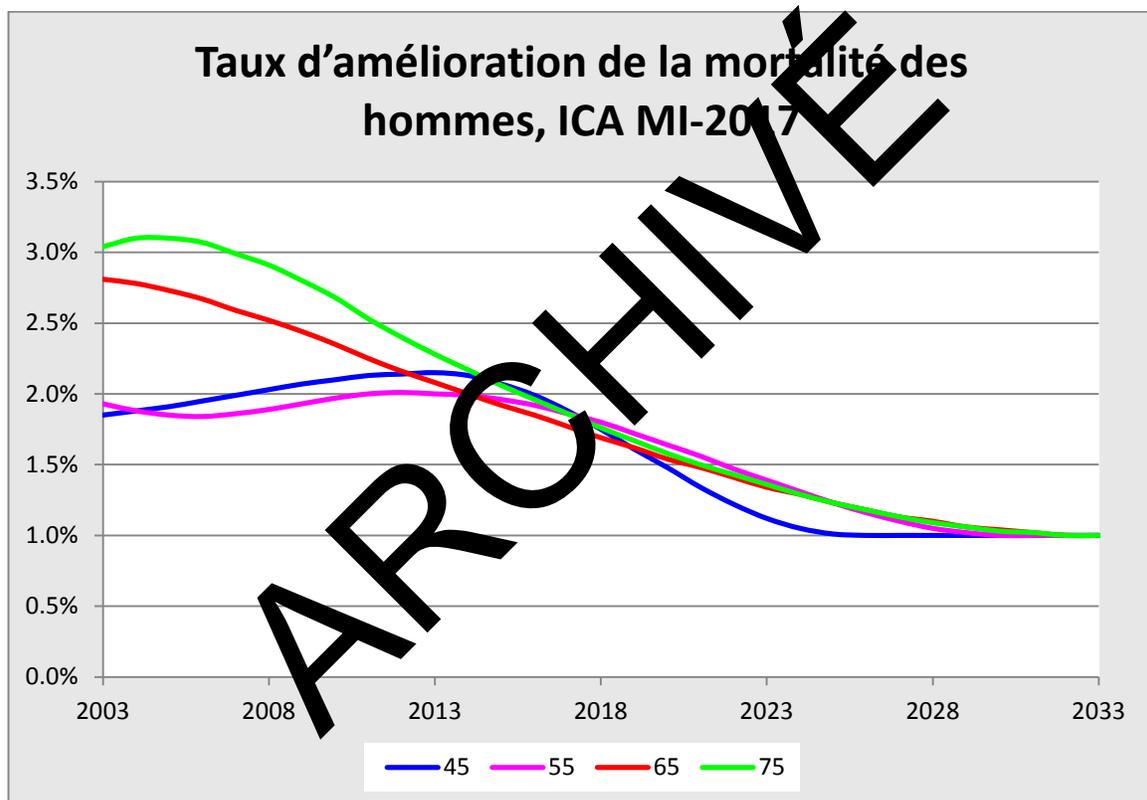


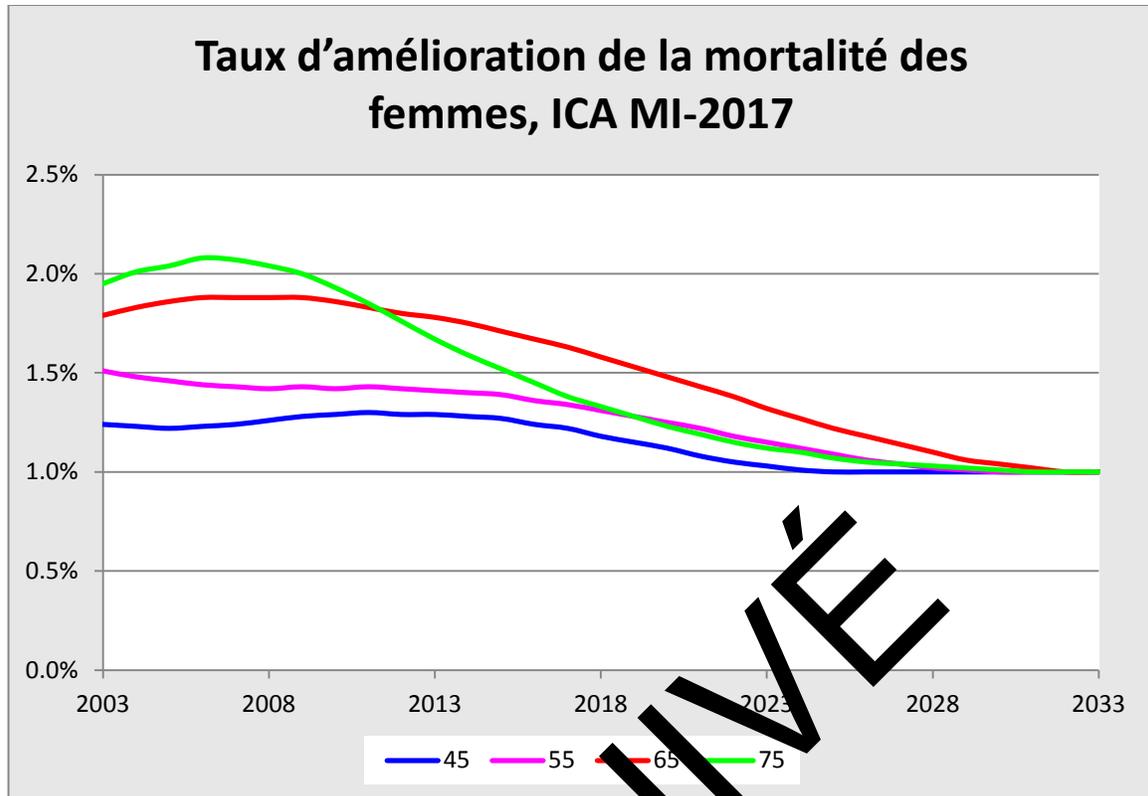
7.1.2 Transition entre les taux historiques et les taux à long terme

La période de transition est de 10 ans pour les âges de 0 à 40 ans, de 20 ans pour les 60 ans ou plus, avec gradation linéaire entre ces tranches d'âges (non arrondie à l'entier le plus près). La période de transition est donc de 10,5 ans pour l'âge de 41 ans, de 11 ans pour l'âge de 42 ans, de 11,5 ans pour l'âge de 43 ans et ainsi de suite.

Les taux d'amélioration dans la période de transition sont obtenus en ajustant une équation cubique séparément pour chaque âge compris entre 0 et 104 ans, tel qu'il est décrit à la section 5.6.

Les graphiques suivants présentent les taux d'amélioration de l'échelle MI-2017 pour certains âges atteints. On peut voir la lente progression des taux des années historiques vers le taux ultime. La première année de la projection est 2014.





7.2 Facteurs d'actualisation des rentes et espérance de vie

Le tableau qui suit présente à titre illustratif des facteurs d'actualisation des rentes pour certains âges au 1^{er} janvier 2018, selon la base suivante :

- Rente de début de période, payable mensuellement;
- Taux d'actualisation de 4 %;
- Taux de mortalité de base selon la table CPM2014;
- Échelles alternatives d'amélioration de la mortalité, dont MI-2017 et d'autres échelles de l'industrie.

Ces facteurs sont donnés en référence à seule fin d'illustrer l'importance de l'impact potentiel de l'application des taux d'amélioration de la mortalité MI-2017. La portée du mandat du Groupe de travail n'incluait pas l'examen du caractère approprié de l'utilisation de l'échelle d'amélioration de la mortalité MI-2017 en combinaison avec une table de mortalité sous-jacente particulière, dans quelque but que ce soit.

| Facteurs d'actualisation des rentes (1 ^{er} janvier 2018) | | | | | % d'écart par rapport à MI-2017 | | |
|--|---------|-------|--------|-------|---------------------------------|--------|--------|
| | MI-2017 | CPM-B | CRFCAV | AA | CPM-B | CRFCAV | AA |
| M45 | 19,94 | 19,85 | 19,83 | 19,85 | -0,4 % | -0,6 % | -0,5 % |
| M55 | 17,51 | 17,46 | 17,35 | 17,35 | -0,3 % | -0,9 % | -1,0 % |
| M65 | 14,35 | 14,31 | 14,16 | 14,11 | -0,2 % | -1,3 % | -1,7 % |
| M75 | 10,27 | 10,21 | 10,09 | 9,98 | -0,5 % | -1,7 % | -2,8 % |
| M85 | 5,89 | 5,80 | 5,82 | 5,71 | -1,4 % | -1,2 % | -3,0 % |
| F45 | 20,67 | 20,56 | 20,63 | 20,41 | -0,5 % | -0,2 % | -1,3 % |
| F55 | 18,40 | 18,29 | 18,33 | 18,09 | -0,6 % | -0,4 % | -1,7 % |
| F65 | 15,30 | 15,23 | 15,23 | 15,01 | -0,5 % | -0,5 % | -1,9 % |
| F75 | 11,33 | 11,28 | 11,27 | 11,08 | -0,4 % | -0,5 % | -2,2 % |
| F85 | 6,84 | 6,79 | 6,81 | 6,68 | -0,8 % | -0,5 % | -2,4 % |

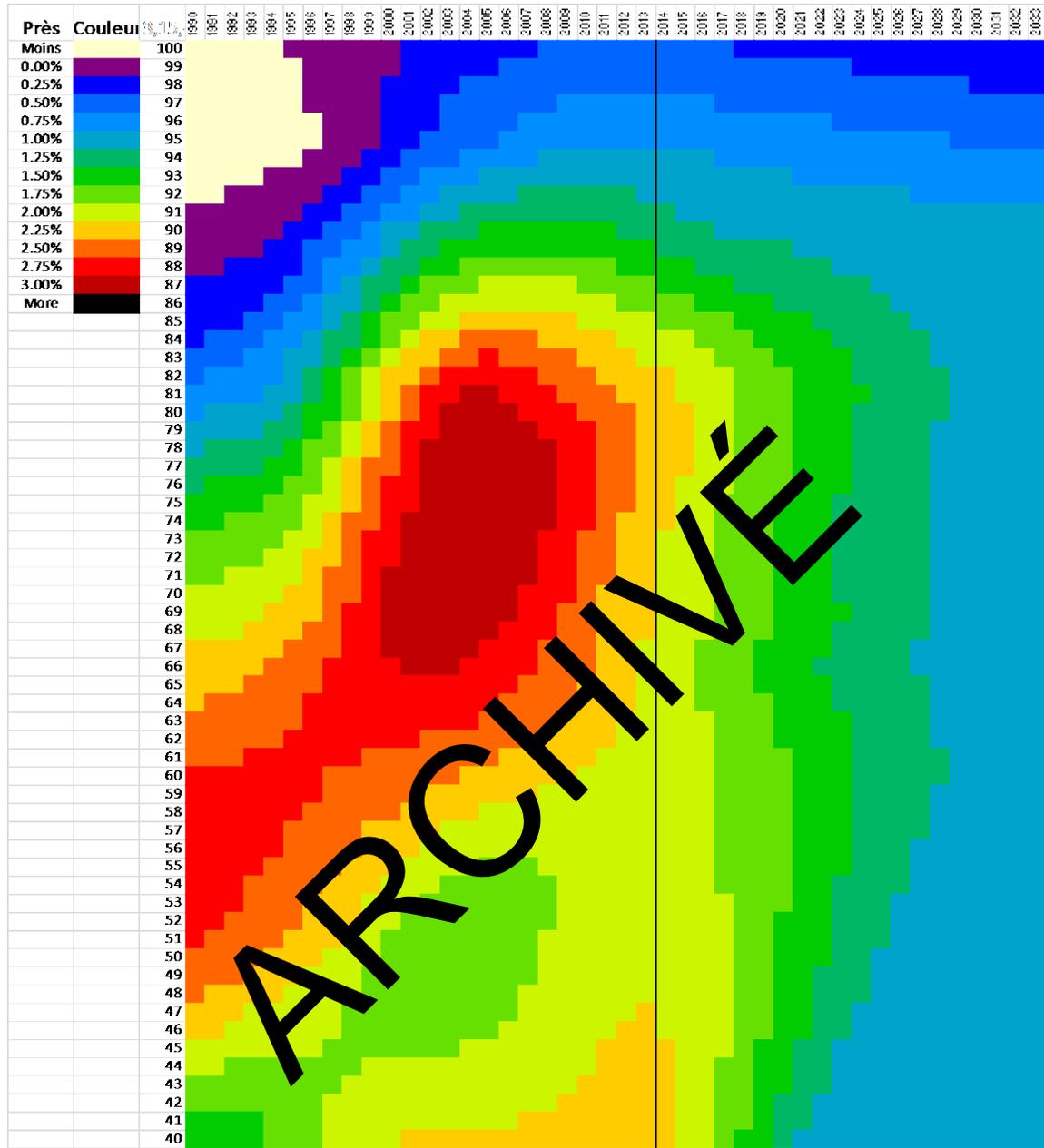
Le tableau suivant indique l'espérance de vie des hommes et des femmes à certains âges selon l'échelle ICA MI-2017 et, pour comparer, selon d'autres échelles en usage dans l'industrie.

| Espérance de vie (1 ^{er} janvier 2018) | | | | | % d'écart par rapport à MI-2017 | | |
|---|---------|-------|--------|-------|---------------------------------|--------|--------|
| | MI-2017 | CPM-B | CRFCAV | AA | CPM-B | CRFCAV | AA |
| M45 | 41,88 | 41,30 | 41,24 | 41,15 | -1,4 % | -1,3 % | -1,7 % |
| M55 | 31,91 | 31,58 | 31,40 | 31,18 | -1,0 % | -1,6 % | -2,3 % |
| M65 | 22,59 | 22,40 | 22,16 | 21,92 | -0,8 % | -1,9 % | -3,0 % |
| M75 | 13,97 | 13,83 | 13,67 | 13,44 | -1,0 % | -2,2 % | -3,8 % |
| M85 | 7,02 | 6,78 | 6,92 | 6,77 | -1,8 % | -1,5 % | -3,6 % |
| F45 | 44,96 | 44,30 | 44,71 | 43,47 | -1,5 % | -0,6 % | -3,3 % |
| F55 | 34,70 | 34,14 | 34,46 | 33,52 | -1,3 % | -0,7 % | -3,4 % |
| F65 | 24,91 | 24,65 | 24,73 | 24,09 | -1,0 % | -0,7 % | -3,3 % |
| F75 | 15,91 | 15,73 | 15,80 | 15,41 | -0,8 % | -0,7 % | -3,2 % |
| F85 | 8,39 | 8,29 | 8,33 | 8,14 | -1,1 % | -0,6 % | -3,0 % |

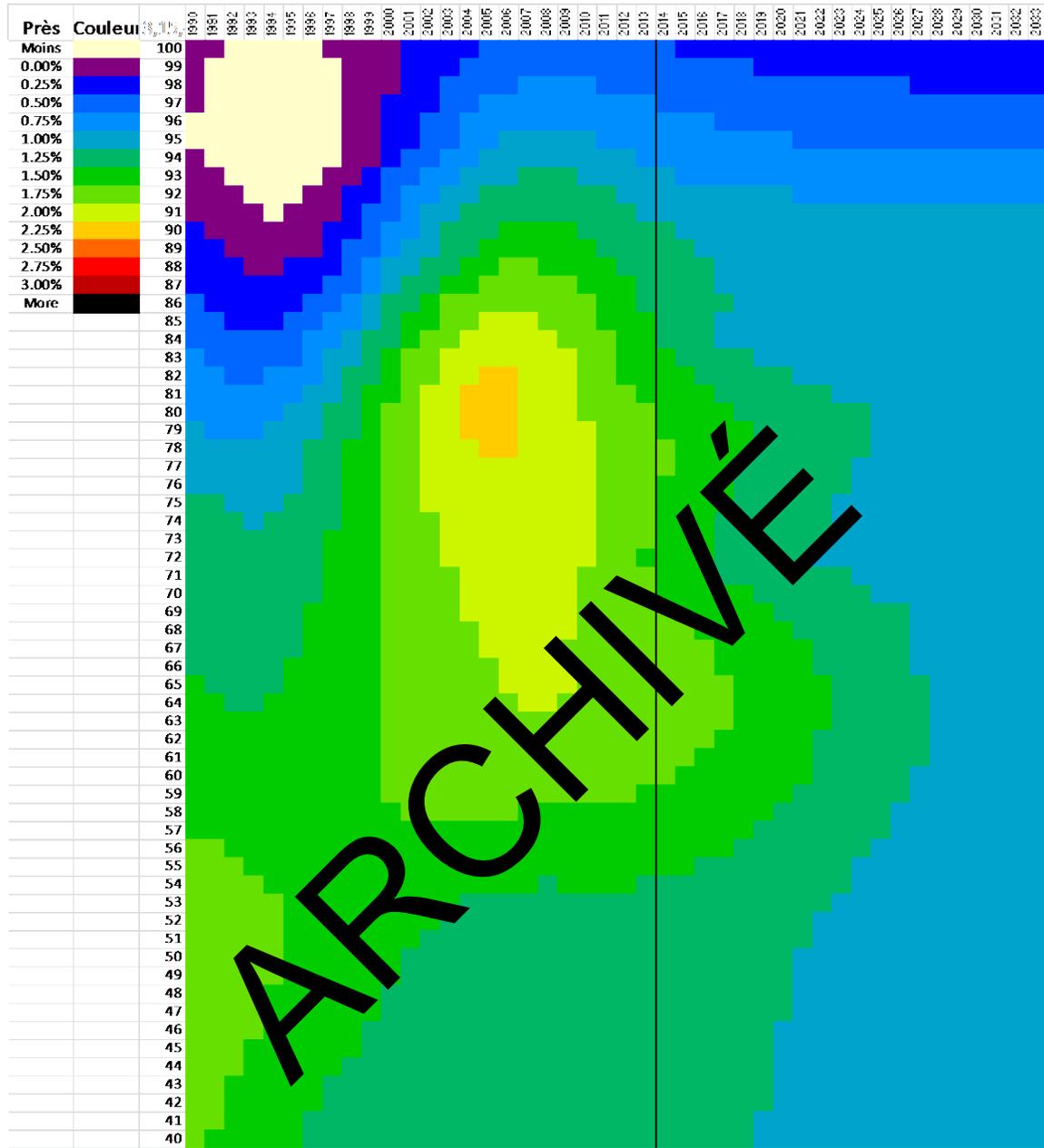
7.3 Cartes thermiques

Les cartes thermiques suivantes présentent, sous forme graphique, l'échelle d'amélioration ICA MI-2017. La ligne noire verticale représentée sur les cartes se situe après 2013 et détermine la frontière entre les taux initiaux et ceux projetés. On peut voir que ICA MI-2017 produit une douce transition entre les taux initiaux et ceux projetés qui est conforme à notre intuition.

Hommes, MI-2017



Femmes, MI-2017



7.4 Comparaison avec d'autres échelles

Le tableau suivant compare la construction des taux d'amélioration de l'échelle ICA MI-2017 à deux autres échelles bidimensionnelles d'amélioration qui sont récentes.

| | Hypothèses | Groupe de travail de l'ICA, 2015 Canada | 27 ^e Rapport du RPC, Canada | 2014 CPM-B, Canada | « Core Model », CMI, 2015, R.-U. | MP-2016, É.-U. |
|--------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Taux initiaux | Source des données | Extension des données de la population canadienne avec celles de la SV | Extension des données de la population canadienne avec celles de la SV | Catégorie de revenu 4 du RPC/RRQ | Population du R.-U. | La Social Security Administration, en conjonction avec les rapports des Trustees de l'OASDI |
| | Méthode de lissage | Whittaker-Henderson | Moyenne par âge sur 15 ans | Moyenne pondérée sur 10 ans | P-Spline âge-cohorte | Whittaker-Henderson |
| | Années civiles ⁵ | 1967-2015 | 1996-2013 | 1967-2007 | Du 1 ^{er} janv. 1975 au 31 juill. 2015 | 1950-2014 |
| | Âges ¹ | 0-105 ans | 0-100 ans | 65-80 ans | 18-102 ans | 20-95 ans |
| | Taux aux âges avancés | Gradation linéaire de l'âge de 95 ans à 0 % à l'âge de 105 ans | Diminutions ponctuelles vers un taux de 0,0 % à l'âge de 120 ans | Diminution linéaire à partir du taux de 2,0 % à l'âge de 80 ans jusqu'à un taux de 0,0 % à l'âge de 95 ans | Diminution linéaire à partir du taux à l'âge de 100 ans jusqu'au taux de 0,0 % à l'âge de 110 ans | Diminution linéaire à partir du taux à l'âge de 95 ans jusqu'à 0,0 % à l'âge de 115 ans |
| | Prise en compte de l'effet de cohorte? | Non | Hommes âgés de 60 à 74 ans seulement, taux maximal de 0,5 % | Non | Composante âge/période et cohorte (année de naissance) | Âge/période (âges fixes) et cohorte (année de naissance) |
| | Dernière année des taux historiques initiaux | 2013 (Dernières données disponibles – deux ans) | 2011 – BDC, 2014 – | 2011 | 2012 (Dernières données disponibles pour une année complète – deux ans) | 2012 (Dernières données disponibles – deux ans) |
| Taux à long terme | Taux à long terme (âge/période) | Âges 0-90 ans : 1,0 % Âge 100 ans : 0,2 % Âges 105+ ans : 0,0 % Interpolation linéaire entre ces âges | Âges 0-90 ans : 0,0 % Âge 92 ans : 0,5 % Âge 97 ans : 0,26 % Âges 100+ ans : 0,0 % Interpolation linéaire entre ces âges | Même taux que dans le 26 ^e Rapport du RPC (2014), mais 0,0 % aux âges 115+ ans | Défini par l'utilisateur; diminution linéaire à partir du taux à l'âge de 90 ans jusqu'au taux de 0,0 % à l'âge de 120 ans | 1 % jusqu'à l'âge de 85 ans, linéaire jusqu'à 0,85 % à l'âge de 95 ans, linéaire jusqu'à 0,0 % aux âges 115+ ans |
| | Taux à long terme (cohorte) | s.o. | s.o. | s.o. | 0,0 % | 0 |
| | Taux à long terme (âge maximum d'amélioration) | 105 | 110 | 115 | 120 | 115 |

⁵ Taux bruts utilisés pour le lissage des données.

| | Hypothèses | Groupe de travail de l'ICA, 2015 Canada | 27 ^e Rapport du RPC, Canada | 2014 CPM-B, Canada | « Core Model », CMI, 2015, R.-U. | MP-2016, É.-U. |
|-------------------------------|--|---|---|-----------------------|---|---|
| Période de convergence | Période de convergence (âge/période) | Âges 0-40 ans : 10 ans Âges 60+ ans : 20 ans Entre ces âges, la période augmente d'un an tous les deux âges | 20 ans | 20 ans | Âges 20 à 50 ans : 10 ans Âges 60 à 80 ans : 20 ans Âges 95+ ans : 5 ans Augmentations ou diminutions de un entre ces âges | 10 ans |
| | Période de convergence (cohorte) | s.o. | s.o. | s.o. | Âges 20 à 60 ans : 40 ans Âges 95+ ans : 5 ans Diminutions de un entre ces âges | 20 ans |
| | Taux durant la période de convergence | s.o. | Même taux que celui de la méthode du CMI au R.-U., sauf pour les hommes âgés de 30 à 44 ans, pour lesquels on utilise 25 % du taux initial restant au point milieu de la période de convergence | | 50 % du taux initial restant au point milieu de la période de convergence - Interpolation cubique ailleurs | s.o. |
| | Méthode de convergence | Interpolation cubique | Même méthode que celle de CMI au R.-U. | Gradation linéaire | Interpolation cubique | Interpolation cubique par âge et par année de naissance |

ARCHIVÉ

8 Annexe

8.1 Extension des données jusqu'à 2015 au moyen des données de la SV

L'extension a été effectuée par des méthodes distinctes dans chacune de trois tranches d'âges. Ces méthodes sont décrites ci-après. Les chiffres de l'en vigueur ont été fournis pour les fins d'année 2005-2015, et les décès pour chacune de ces années. Les taux de mortalité bruts pouvaient ainsi être calculés pour la période 2006-2015, et les taux d'amélioration bruts pour la période 2007-2015.

Définitions

$qH(x,y)$ Taux de mortalité obtenu de la BDLC pour l'âge x , l'année y , $y < 2012$.

$EH(x,y)$ Exposition correspondante de la BDLC pour l'âge x , l'année y .

$qO(x,y)$ Taux de mortalité obtenu de la SV pour l'âge x , l'année y , $2005 < y < 2016$.

$Raw(x,y)$ Taux de mortalité brut à utiliser dans la graduation pour l'âge x , l'année y .

$Wt(x,y)$ Coefficient de pondération à utiliser dans la graduation pour l'âge x , l'année y .

Pour tous les âges et les années, sauf ceux précisés ci-dessous

$$Raw(x,y) = qH(x,y)$$

$$Wt(x,y) = EH(x,y)$$

Pour $65 < x < 95$ et $2006 < y < 2016$

Les données de la SV sont disponibles pour les âges individuels de 65 à 94 ans. En raison du grand nombre de nouveaux entrants à l'âge de 65 ans et vu que les taux d'amélioration implicites à l'âge de 65 ans semblaient incompatibles avec celui à l'âge de 66 ans, les données pour l'âge de 65 ans n'ont pas été utilisées.

Les taux de mortalité pour 2007 à 2015 ont été obtenus à partir des taux de la BDLC en 2006 et avec les taux d'amélioration de la mortalité observés dans les données de la SV à partir de 2007. À noter qu'il ne s'agit pas simplement d'une extension. Les taux de la BDLC pour 2007-2011 ont été en fait remplacés afin d'assurer une cohérence avec les taux d'amélioration observés dans les données de la SV; il a été jugé que les données de la SV étaient de meilleure qualité que celles de la BDLC, plus particulièrement aux âges les plus avancés.

$$Raw(x,y) = Raw(x,y-1) * qO(x,y) / qO(x,y-1)$$

$Wt(x,y) = EH(x,y)$ pour $y \leq 2011$ seulement. Les coefficients de pondération pour les années ultérieures sont décrits ci-après.

Pour $x > 94$ et $y > 2011$

Les taux de la SV sont groupés pour les âges de 95 ans ou plus. Les taux de mortalité de la BDLC ont été prolongés pour 2012-2015 à partir des taux de la BDLC en 2011 aux âges de 95 à 100 ans et avec les taux d'amélioration observés dans les données de la SV pour

les âges de 95 ans ou plus. À noter que, aux fins de ce calcul, les mêmes taux d'amélioration sont utilisés pour chacun des âges de 95 à 100 ans.

$$\text{Raw}(x,y) = \text{Raw}(x,y-1) * qO(95+,y) / qO(95+,y-1)$$

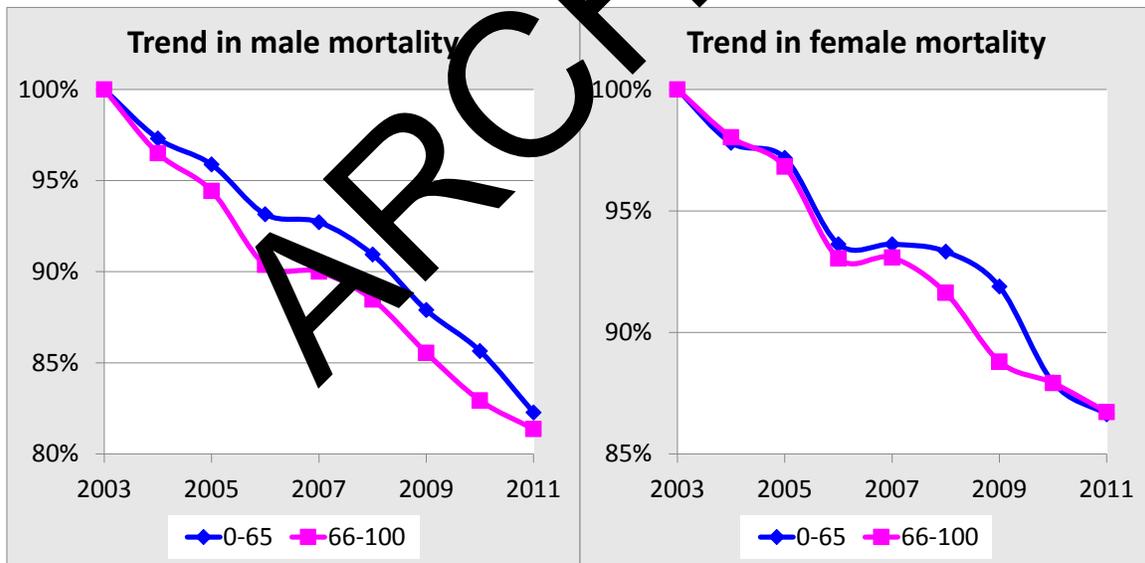
Pour $x < 66$ et $y > 2011$

Puisque la SV débute à l'âge de 65 ans, il n'existe pas de données relatives aux jeunes âges pour la période de 2012 à 2015. Quoi qu'il en soit, le Groupe de travail était persuadé de pouvoir procéder à une extrapolation assez sûre en se basant sur la corrélation observée dans les données de la BDLC entre, d'une part, l'amélioration de la mortalité pour les deux tranches d'âges 0-65 ans et 66-100 ans et, d'autre part, l'amélioration pour 2012-2015 dans les données de la SV.

Une hypothèse nécessaire est que la mortalité chez les deux tranches d'âges 0-65 ans et 66-100 ans s'améliore à peu près au même taux, par années. Pour tester l'hypothèse, les écarts dans les taux de mortalité ajustés pour l'âge (qui représentent les taux de mortalité moyens dans chaque tranche d'âges) pour les deux tranches d'âges sont comparés sur la période 2003-2011. Les graphiques ci-dessous illustrent les résultats. Les tendances sont très proches chez les femmes et assez proches chez les hommes. Pour l'essentiel, cela signifie que nous pouvons utiliser avec confiance les améliorations observées aux âges 66+ ans de 2012 à 2015 afin d'en déduire l'amélioration aux âges 0 à 65 ans pour la même période.

Tendance dans la mortalité des hommes

Tendance dans la mortalité des femmes



Le calcul pour l'extension est beaucoup plus complexe que pour les autres sections et comporte plusieurs étapes.

Étape 1. Calculer deux ensembles de taux de mortalité ajustés pour l'âge.

$$qLo(y) = \left(\sum_{x=0}^{65} Raw(x,y)Wt(x,2011) \right) / \left(\sum_{x=0}^{65} Wt(x,2011) \right) \text{ pour } 2003 \leq y \leq 2011$$

$$qHi(y) = \left(\sum_{x=66}^{100} Raw(x,y)Wt(x,2011) \right) / \left(\sum_{x=66}^{100} Wt(x,2011) \right) \text{ pour } 2003 \leq y \leq 2015$$

Le choix des coefficients de pondération pour l'ajustement pour l'âge est arbitraire; 2011 est un choix raisonnable. L'année du début du calcul, 2003, est elle aussi arbitraire. En prévision d'une étape ultérieure, nous n'avons pas voulu trop reculer dans le passé; 2003 a été choisie pour cette raison.

Les graphiques précédents montrent qLo et qHi calibrés à 1 en 2003. On remarquera leur grande similarité.

Étape 2. Calculer une tendance dans les années pour 2011-2015.

Le facteur d'amélioration cumulatif sur 2003-2011 est, chez les hommes, de 82,3 % pour qLo et de 81,4 % pour qHi et, chez les femmes, de 86,6 % pour qLo et de 86,7 % pour qHi. L'amélioration cumulative est très proche chez les femmes et suffisamment proche chez les hommes.

La proximité des facteurs d'amélioration justifie d'appliquer la tendance d'amélioration des qHi pour 2011-2015, afin de prolonger jusqu'en 2015 les taux de mortalité des âges 0 à 65 ans. L'expression « tendance dans les années » (désignée ici par YP), sert à désigner l'amélioration cumulative dans les taux de mortalité ajustés pour l'âge au cours de ces années.

À noter que si YP est basée sur qHi, c'est uniquement parce que qLo n'est pas disponible jusqu'en 2015.

$$YP(y) = \frac{qHi(y)}{qHi(2011)} \text{ pour } 2012 \leq y \leq 2015$$

Étape 3. Retrancher, de chaque taux de mortalité de 2003-2011, la tendance dans les années.

Le but est d'estimer une tendance dans les âges (AP) avec les données de 2003-2011. Pour apprécier l'impact de l'âge, séparément de celui de l'année, il faut retrancher de chaque taux de mortalité la tendance dans les années. Le calcul est effectué jusqu'à l'âge de 75 ans, mais en fin de compte les âges de plus de 65 ans ne sont pas utilisés.

$$q(x,y) = Raw(x,y) \frac{qLo(2011)}{qLo(y)} \text{ pour } 2003 \leq y \leq 2011$$

Étape 4. Calculer une tendance dans les âges de 2003 à 2011.

Cette étape permet de calculer le taux moyen d'amélioration pour chaque âge, de 0 à 75 ans, au moyen d'une régression linéaire des moindres carrés sur le logarithme des taux de mortalité ajustés obtenus à l'étape précédente. Si nous utilisons la régression des moindres carrés de toute la mortalité plutôt que de seulement les points extrêmes, c'est que la volatilité inhérente de ces derniers est trop grande. Le résultat donne une

meilleure estimation de la moyenne. Les logarithmes sont utilisés parce que l'amélioration est essentiellement un processus davantage multiplicatif qu'additif.

$$AP(x) = 1 - \exp(\text{pente de la droite de régression du logarithme de } q(x, y))$$

Étape 5. Graduer la tendance dans les âges.

La graduation s'effectue par la méthode de Whittaker-Henderson, avec une différence d'ordre 2, un facteur de lissage de 50 et des coefficients de pondération $Wt(x, 2011)$. Les taux gradués sont utilisés seulement jusqu'à l'âge de 65 ans. Ils remplacent $AP(x)$ calculés précédemment.

Cette étape n'était pas absolument essentielle. Nous avons effectué la graduation afin que la fluctuation par âge n'influe pas trop sur l'extension.

Étape 6. Estimer les taux de mortalité aux âges 0 à 65 ans pour 2012-2015.

$$Raw(x, y) = Raw(x, 2011)YP(y)(1 - AP(x))^{y-2011}$$

Les taux de mortalité s'améliorent ainsi selon la même tendance dans les années et selon la tendance dans les âges.

Expositions pour les années 2012 à 2015

Puisque les expositions serviront ultérieurement de coefficients de pondération dans la graduation, il est nécessaire de les estimer à chaque âge pour la période 2012-2015. Les coefficients de pondération sont calculés au moyen des formules récursives suivantes :

$$Wt(x, y) = Wt(0, y - 1)$$

$$Wt(x, y) = Wt(x - 1, y - 1) \left(1 - \frac{Raw(x - 1, y) + Raw(x, y)}{2} \right)$$

pour $x > 0$ et $y > 2011$

Puisque l'approximation est moins précise sauf pour les âges de 66 à 94 ans, dans la graduation, 50 % de la valeur des coefficients de pondération ci-dessus est utilisée pour les âges de 0 à 65 ans, et 75 % dans les cas des âges 95+ ans.

8.2 Choix de la méthode et des paramètres pour la construction

Quatre indicateurs peuvent guider le choix de la méthode et des paramètres pour construire l'échelle ICA MI-2017 :

1. la stabilité;
2. l'ajustement;
3. la qualité de la prévision;
4. le degré de lissage.

Le calcul de ces quatre indicateurs s'effectue en procédant à un contrôle ex post de la méthode. Une échelle est calculée pour chacune de 15 années consécutives en utilisant les données de la BDLC qui sont censées être disponibles à ce moment-là. Les

indicateurs sont calculés en fonction de cette échelle ou par comparaison entre les échelles. Pour la réalisation du contrôle ex post, on suppose qu'il existe un décalage de trois ans entre la dernière année des données historiques disponibles de la BDLC et l'année de publication de l'échelle.

La notion de stabilité consiste à déterminer dans quelle mesure les évaluations sont proches l'une de l'autre lorsqu'on crée successivement des échelles selon la même méthode et selon les mêmes paramètres de graduation. La stabilité a été examinée par contrôle ex post sur un intervalle mobile de trois ans (à supposer qu'une nouvelle échelle soit créée tous les trois ans). Le Groupe de travail est d'avis qu'une méthode qui est plus stable qu'une autre est préférable parce que cela signifie que les valeurs actuarielles fluctuent moins.

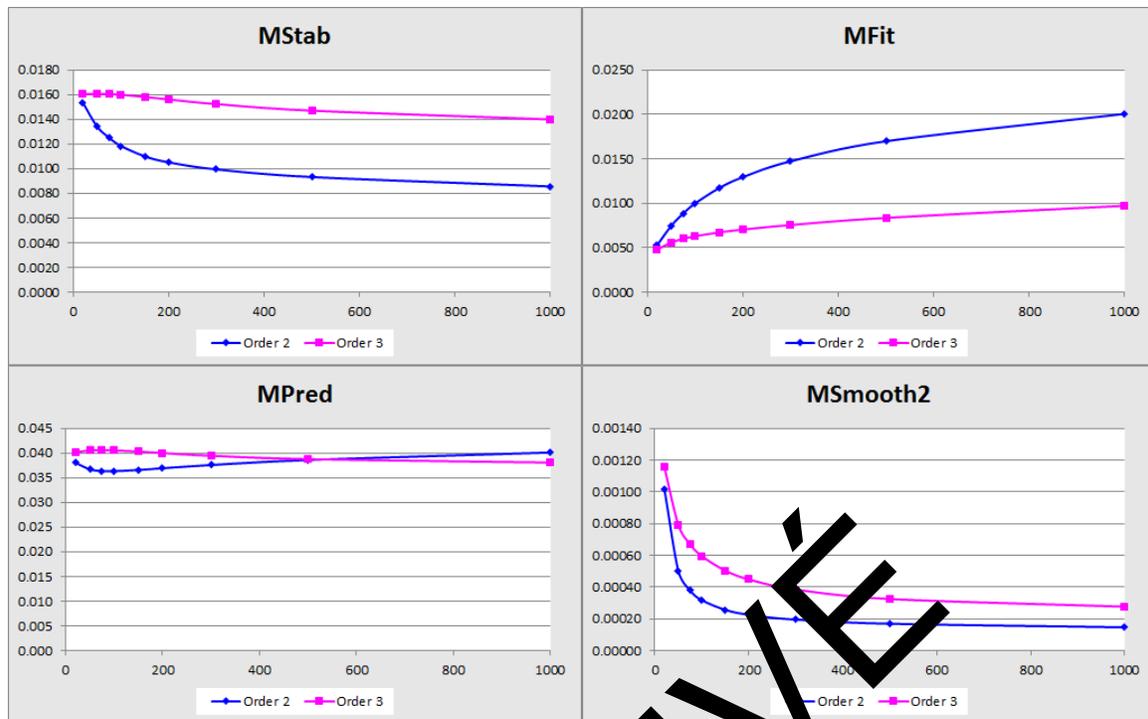
L'idée de l'ajustement consiste à déterminer dans quelle mesure les taux d'amélioration calculés sont proches des taux réels. Bien entendu, les taux réels ne peuvent être connus d'avance; ils sont estimés par le taux moyen d'amélioration calculé sur les dernières années de données historiques. La moyenne de l'échelle est calculée de la même manière. Une méthode qui produit un meilleur ajustement serait normalement considérée comme étant meilleure; toutefois, étant donné que les données réelles comportent beaucoup de bruit, il y a danger qu'un ajustement extrêmement bon indique des fluctuations dans les données plutôt que la tendance sous-jacente.

L'idée de la qualité de la prévision consiste à déterminer dans quelle mesure la prévision des prochains taux d'amélioration est précise par rapport aux taux d'amélioration réels observés au fil du temps. Il est souhaitable d'employer une méthode dont la qualité des prévisions serait grande, mais ce n'est peut-être pas possible. Il ne semble guère y avoir de variation dans l'indicateur de précision, quels que soient les méthodes et les paramètres raisonnables utilisés.

L'idée du degré de lissage consiste à vérifier si les taux d'amélioration progressent uniformément d'année en année, et ce, pour chaque âge dans une échelle. Dans le monde réel, la progression ne paraîtra pas uniforme, surtout en raison des fluctuations, mais aussi parce que certains des facteurs déterminants de l'amélioration de la mortalité ne sont pas uniformes eux-mêmes. Toutefois, nous ne pouvons pas espérer prévoir avec précision une tendance non uniforme. Par conséquent, notre échelle doit constituer une approximation uniforme de l'impact de nombreux facteurs déterminants.

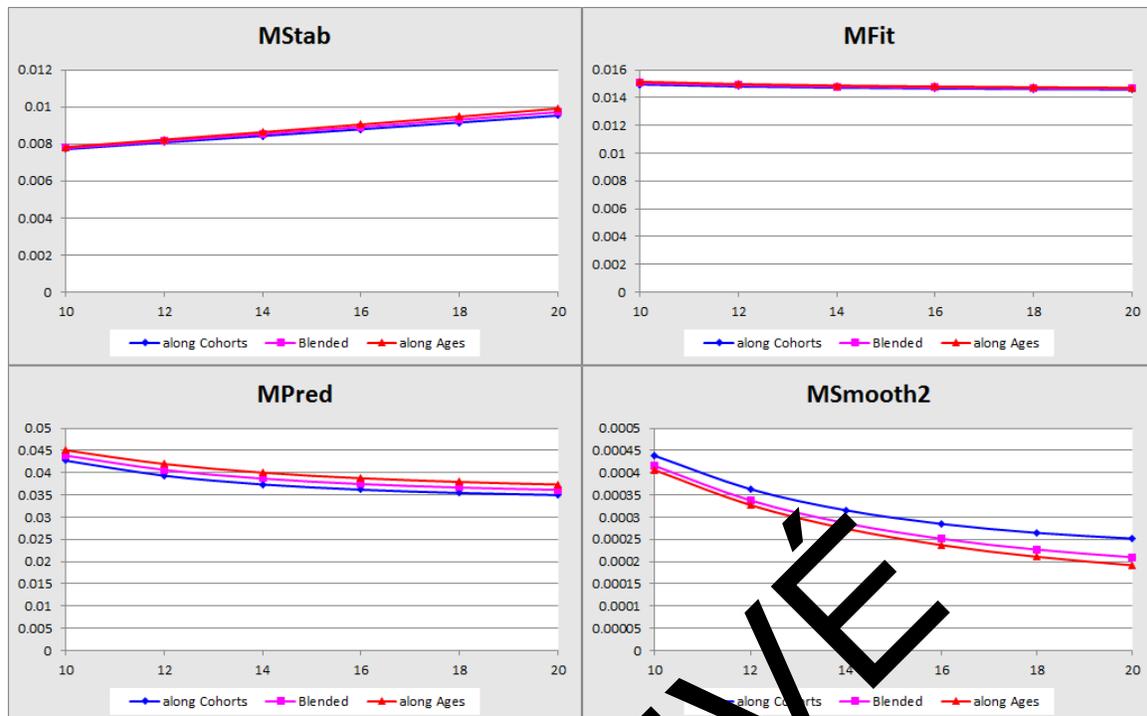
En règle générale, une bonne méthode aura des valeurs basses pour chacun des quatre indicateurs. Pour une méthode donnée, les paramètres qui produiront les plus basses valeurs seront de préférence retenus. Nous n'avons trouvé aucune méthode qui minimisait simultanément tous les indicateurs. Ici encore, il faut faire preuve de jugement. L'échelle optimale d'amélioration n'est pas forcément celle qui a la valeur combinée la plus basse pour les quatre critères.

Par exemple, les graphiques ci-dessous montrent comment les quatre indicateurs varient chez les hommes lorsque nous essayons une différence d'ordre 2 et une différence d'ordre 3 dans la graduation et plusieurs facteurs d'équilibrage.



Notre analyse révèle que la stabilité est bien meilleure avec l'ordre 2 qu'avec l'ordre 3, mais le contraire est vrai pour ce qui est de l'ajustement. Le degré de lissage est toujours meilleur avec l'ordre 2. La qualité de la prévision n'est pas significativement différente selon que l'ordre soit de 2 ou de 3. Étant donné que l'ordre 2 entraîne une meilleure stabilité sans pour autant altérer la qualité de la prévision, le choix de l'ordre 2 est assez évident. Mais le choix du facteur d'équilibrage l'est moins. Une valeur comprise dans la fourchette de 200 à 400 semble constituer un juste milieu. Il a été décidé d'utiliser 300, car le choix d'un facteur situé près de la borne inférieure de cet intervalle donnait lieu à des anomalies autour de l'âge de 65 ans, anomalies qui disparaissaient lorsque le choix approchait la borne supérieure.

Un autre aspect de la construction que le Groupe de travail a examiné consistait à savoir s'il devait interpoler entre les taux historiques gradués et les taux à long terme par âge, par cohorte ou une combinaison des deux. Le Groupe de travail s'est aussi interrogé sur la longueur de la période d'interpolation. Les graphiques ci-après, qui se rapportent aussi aux hommes, montrent les indicateurs pour les trois directions de l'interpolation et pour diverses longueurs d'interpolation. (Les graphiques sont fondés sur l'hypothèse d'une même longueur pour tous les âges, bien que la décision finale ait été d'utiliser une période plus courte aux jeunes âges.)



Il semble évident que la direction de l'interpolation n'a aucune importance. La qualité de la prévision est légèrement meilleure dans le sens des cohortes, tandis que le degré de lissage est meilleur dans le sens des âges. (Puisque le degré de lissage est toujours calculé dans le sens des âges, ce résultat n'a rien d'étonnant.) Le Groupe de travail a décidé d'interpoler le long des âges parce que la méthode était plus simple.

La stabilité est meilleure lorsque la période d'interpolation est courte, mais la qualité de la prévision et le degré de lissage sont meilleurs lorsque la période d'interpolation est longue. Bien que le Groupe de travail mette généralement l'accent sur la stabilité, il n'est peut-être pas raisonnable de vouloir améliorer la stabilité en raccourcissant la période d'interpolation. Le cas extrême serait de ne pas faire du tout d'interpolation et d'utiliser les taux à long terme immédiatement après les taux initiaux; la stabilité aurait alors une valeur nulle. Mais ce résultat ne serait pas acceptable, car il implique que l'histoire récente est sans importance dans le choix des taux d'amélioration future à court terme.

Les quatre indicateurs sont définis ci-dessous.

8.3 Définition de l'indicateur de stabilité

Supposons qu'une nouvelle échelle d'amélioration soit construite et mise en place tous les trois ans. Il ne serait pas souhaitable, par exemple, qu'une échelle entraîne une hausse du passif de 4 %, suivie par une baisse de 4 % trois années plus tard. À moins qu'il n'existe une preuve convaincante à l'appui de la hausse et de la baisse, il ne serait pas considéré dans l'intérêt public d'avoir ce type d'oscillation dans le passif. Une méthode qui produit une hausse de 1 % suivie d'une baisse de 1 % serait considérée comme étant meilleure. Le point est le suivant : il est normalement mieux d'avoir de petites variations que de grandes, sauf lorsqu'il y a de fortes preuves qu'un gros

changement est justifié. Une méthode qui produit des échelles d'amélioration plus stables est jugée préférable. Le calcul de la stabilité s'effectue en examinant l'importance des variations du passif dues au changement d'échelle d'amélioration.

La formule mesurant la stabilité dans l'année de publication y est donnée ci-dessous.

$$Stab(y) = \frac{Val(y, q_{base}, MI(y))}{Val(y, q_{base}, MI(y-3))} - 1$$

$$Stabilité = \sqrt{\sum_{y=2000}^{2014} Stab(y)^2}$$

où $Val(y, q_{base}, MI(y))$ est l'évaluation d'un ensemble représentatif d'exposition effective dans l'année y , avec utilisation de la table de mortalité de base spécifiée et de l'échelle d'amélioration de la mortalité. L'exposition représentative est l'exposition qui sous-tend la construction de CPM2014, et l'évaluation s'effectue au taux d'intérêt de 4 %.

q_{base} est la table de base. En fait, CPM2014 est utilisée dans tous les cas, mais elle est prise comme s'il s'agissait d'une table de base appropriée pour les années $y - 7$.

$MI(y)$ est l'échelle d'amélioration de la mortalité publiée dans l'année y , et construite avec les données observées jusqu'à $y - 7$.

8.4 Définition de l'indicateur de l'ajustement

L'échelle d'amélioration devrait bien s'ajuster à l'histoire récente, mais ce n'est pas simplement une question d'évaluer la qualité de l'ajustement. La graduation devrait assurer un assez bon ajustement dans l'ensemble, à moins que le facteur d'équilibrage ne soit excessivement élevé. Toutefois, pour l'objet qui nous intéresse, il vaut mieux se focaliser sur les dernières années de données.

Dans l'idéal, l'échelle d'amélioration serait comparée aux taux réels historiques d'amélioration. Malheureusement, les taux réels ne sont pas connus et ne peuvent être qu'estimés. Afin de réduire au minimum l'impact des fluctuations dans les données réelles et d'éviter le biais lié à l'utilisation d'un indicateur semblable à celui utilisé dans la graduation, la méthode choisie pour mesurer l'ajustement consiste à comparer le taux moyen d'amélioration sur les cinq plus récentes années de données avec la moyenne pour les mêmes années dans l'échelle. La moyenne est calculée à chaque âge au moyen d'une régression des moindres carrés sur le logarithme des taux de mortalité sur six ans. Les moyennes sont pondérées par les décès à chaque âge en 2011.

La formule mesurant l'ajustement dans l'année de publication y est donnée ci-dessous.

$$Ft(y) = \frac{\sum_{x=50}^{95} D_x (1 - AVa(x, y - 7, y - 3))^5}{\sum_{x=50}^{95} D_x (1 - AVp(y, x, y - 7, y - 3))^5} - 1$$

$$Ajustement = \sqrt{\sum_{y=2000}^{2014} Ft(y)^2}$$

où D_x est le nombre de décès à l'âge x en 2011.

$AVa(x, yLo, yHi)$ représente le taux réel moyen d'amélioration pour l'âge x sur la période comprise entre yLo et yHi .

$AVp(yPub, x, yLo, yHi)$ représente le taux moyen d'amélioration pour l'âge x de l'échelle publiée en $yPub$, et le calcul est effectué sur les années yLo à yHi .

8.5 Définition de l'indicateur de la qualité de la prévision

Étant donné qu'une échelle d'amélioration comprend des taux hypothétiques d'amélioration de la mortalité, dans l'idéal, les taux des premières années de la transition seraient près des taux d'amélioration observés à mesure que des années additionnelles d'expérience réelle sont ajoutées au fil du temps. Le calcul est fonctionnellement équivalent à celui utilisé pour l'ajustement, mais il se porte vers le futur, alors que, dans le cas de l'ajustement, il se porte vers le passé. Dans ce cas, le calcul prend en compte les cinq dernières années de données réelles et les compare avec les valeurs « prévues » pour ces mêmes années par l'échelle publiée lorsque la dernière année d'histoire était cinq années plus tôt.

La formule mesurant la qualité de la prévision dans l'année de publication y est donnée ci-dessous.

$$Pred(y) = \frac{\sum_{x=5}^{95} D_x (1 - AVa(x, y-7, y-3))^5}{\sum_{x=5}^{95} D_x (1 - AVp(y-5, x, y-7, y-3))^5} - 1$$

$$Qualité\ de\ la\ prévision = \sqrt{\sum_{y=2000}^{2014} Pred(y)^2}$$

8.6 Définition de l'indicateur du degré de lissage

La graduation WH équilibre automatiquement l'ajustement et le degré de lissage, mais ces deux indicateurs sont calculés sur la totalité des données à graduer. La méthode de construction d'une échelle d'amélioration ne doit pas se focaliser seulement sur les années initiales, mais sur toutes les années de l'échelle, et surtout sur le début de la transition des taux historiques aux taux à long terme. L'indicateur est basé sur les différences d'ordre 2 calculées dans le sens des âges. L'indicateur serait nul si la surface des taux d'amélioration était plane. Puisque nous nous attendons à ce que les taux de mortalité diminuent de façon plus ou moins exponentielle, il est raisonnable d'utiliser les différences d'ordre 2.

La formule mesurant le degré de lissage dans l'année de publication y est donnée ci-après.

$$Sm2(y) = \sqrt{\frac{\sum_{t=y-7}^y \sum_{x=50}^{95} (\Delta^2 Imp(x, t))^2}{8 \times 46}}$$

$$\text{Degré de lissage} = \sqrt{\sum_{y=2000}^{2014} Sm2(y)^2}$$

où $Imp(x, t)$ est le taux d'amélioration pour l'âge x , l'année t , de l'échelle publiée en y .

$\Delta^2 Imp(x, t)$ est la différence d'ordre 2 des taux d'amélioration le long de l'âge x .

Par conséquent, $\Delta^2 Imp(x, t) = Imp(x, t) - 2Imp(x, t - 1) + Imp(x, t - 2)$.

ARCHIVÉ