

Université de Montréal

**La démographie des centenaires québécois : validation
des âges au décès, mesure de la mortalité et
composante familiale de la longévité**

par

Mélissa BEAUDRY-GODIN

Département de démographie
Faculté des arts et des sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de Philosophiae Doctor (Ph. D.)
en Démographie

Juin 2010

© Mélissa Beaudry-Godin, 2010

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :

La démographie des centenaires québécois : validation des âges au décès, mesure de la mortalité et composante familiale de la longévité

Présentée par :
Mélissa BEAUDRY-GODIN

A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Norbert Robitaille, président-rapporteur
Robert Bourbeau, directeur de recherche
Bertrand Desjardins, co-directeur de recherche
Jacques Légaré, membre du jury
Michel Poulain, examinateur externe
Christian Dessureault, représentant du doyen de la FES

RÉSUMÉ

L'explosion récente du nombre de centenaires dans les pays à faible mortalité n'est pas étrangère à la multiplication des études portant sur la longévité, et plus spécifiquement sur ses déterminants et ses répercussions. Alors que certains tentent de découvrir les gènes pouvant être responsables de la longévité extrême, d'autres s'interrogent sur l'impact social, économique et politique du vieillissement de la population et de l'augmentation de l'espérance de vie ou encore, sur l'existence d'une limite biologique à la vie humaine. Dans le cadre de cette thèse, nous analysons la situation démographique des centenaires québécois depuis le début du 20^e siècle à partir de données agrégées (données de recensement, statistiques de l'état civil, estimations de population). Dans un deuxième temps, nous évaluons la qualité des données québécoises aux grands âges à partir d'une liste nominative des décès de centenaires des générations 1870-1894. Nous nous intéressons entre autres aux trajectoires de mortalité au-delà de cent ans. Finalement, nous analysons la survie des frères, sœurs et parents d'un échantillon de semi-supercentenaires (105 ans et plus) nés entre 1890 et 1900 afin de se prononcer sur la composante familiale de la longévité.

Cette thèse se compose de trois articles. Dans le cadre du premier, nous traitons de l'évolution du nombre de centenaires au Québec depuis les années 1920. Sur la base d'indicateurs démographiques tels le ratio de centenaires, les probabilités de survie et l'âge maximal moyen au décès, nous mettons en lumière les progrès remarquables qui ont été réalisés en matière de survie aux grands âges. Nous procédons également à la décomposition des facteurs responsables de l'augmentation du nombre de centenaires au Québec. Ainsi, au sein des facteurs identifiés, l'augmentation de la probabilité de survie de 80 à 100 ans s'inscrit comme principal déterminant de l'accroissement du nombre de centenaires québécois.

Le deuxième article traite de la validation des âges au décès des centenaires des générations 1870-1894 d'origine canadienne-française et de confession catholique nés et décédés au Québec. Au terme de ce processus de validation, nous pouvons affirmer que les données québécoises aux grands âges sont d'excellente qualité. Les trajectoires

de mortalité des centenaires basées sur les données brutes s'avèrent donc représentatives de la réalité. L'évolution des quotients de mortalité à partir de 100 ans témoigne de la décélération de la mortalité. Autant chez les hommes que chez les femmes, les quotients de mortalité plafonnent aux alentours de 45%.

Finalement, dans le cadre du troisième article, nous nous intéressons à la composante familiale de la longévité. Nous comparons la survie des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires décédés entre 1995 et 2004 à celle de leurs cohortes de naissance respectives. Les différences de survie entre les frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires sous observation et leur génération « contrôle » s'avèrent statistiquement significatives à un seuil de 0,01%. De plus, les frères, sœurs, pères et mères des semi-supercentenaires ont entre 1,7 (sœurs) et 3 fois (mères) plus de chance d'atteindre 90 ans que les membres de leur cohorte de naissance correspondante. Ainsi, au terme de ces analyses, il ne fait nul doute que la longévité se concentre au sein de certaines familles.

Mots clés : Longévité – Trajectoires de mortalité – Centenaires – Validation des données – Qualité des données – Héritabilité de la longévité – Analyse de survie – Québec.

ABSTRACT

The recent rise in the number of centenarians within low mortality countries has led to multiple studies conducted on longevity, and more specifically on its determinants and repercussions. Some are trying to identify genes that could be responsible for extreme longevity. Others are studying the social, economic and political impact of the rise in life expectancy and population aging, or questioning themselves about the existence of a biological limit to the human life span. In this thesis, we first study the demographic situation of centenarians from Quebec using aggregated data (census data, vital statistics, and population estimations). Then, we evaluate the quality of Quebec data at the oldest ages using the death records of centenarians belonging to the 1870-1894 birth cohorts. We are particularly interested in the mortality trajectories beyond 100 years old. Finally, we analyze the survival of siblings and parents of a semi-supercentenarians (105 years and over) sample in order to assess the familial component of longevity.

The thesis is divided into three articles. In the first article, we study the evolution of the centenarian population from the 1920s in Quebec. With demographic indicators such as the centenarian ratio, the survival probabilities and the maximal age at death, we try to demonstrate the remarkable progress realised in old age mortality. We also analyze the determinants of the increase in the number of centenarians in Quebec. Among the factors identified, the improvement in late mortality is the main determinant of the increase of the number of centenarians in Quebec.

The second article deals with the validation of the ages at death of French-Canadian centenarians born in Quebec between 1870-1894. The validation results confirm that Quebec data at the highest ages at death are of very good quality. Therefore, the measure of centenarian mortality based on all death records is representative of the true trends. The evolution of age-specific life table death rates beyond 100 years old assesses the mortality deceleration at the highest ages. Among men and women, the death rates reach a plateau at around 45%.

Finally, in the third article, we study the familial predisposition for longevity. We compare the survival probabilities of siblings and parents of semi-supercentenarians deceased between 1995 and 2004 to those of their birth cohort-matched counterparts. The survival differences between the siblings and parents of semi-supercentenarians and their respective birth cohorts are statistically significant at a 0,01% level of significance. The siblings and parents have a 1,7 to 3 times greater probability of survival from age 50 to 90 than members of their respective birth cohorts. These findings support the existence of a substantial familial component to longevity.

Key words: Longevity – Mortality trajectories – Centenarians – Data validation – Data quality – Heritability of longevity – Survival analysis – Quebec.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	i
ABSTRACT.....	iii
TABLES DES MATIÈRES.....	v
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	ix
REMERCIEMENTS	xi
Introduction générale	1
Problématique	2
Objectifs.....	4
Chapitre 1 : Recension de la littérature	6
1.1 L'accroissement du nombre de centenaires dans les pays à faible mortalité.....	7
1.1.1 La baisse de la mortalité aux grands âges.....	9
1.2 Les déterminants de la longévité.....	13
1.2.1 Les facteurs génétiques.....	14
1.2.1.1 La longévité familiale.....	14
1.2.1.2 La survie des frères, sœurs et parents des centenaires	16
1.2.1.3 Les gènes de la longévité.....	18
1.3 Les trajectoires de mortalité aux grands âges	20
Chapitre 2 : Sources de données et méthodologie	25
2.1 Sources de données.....	26
2.2 Validation des âges au décès.....	32
2.2.1 Les étapes de la validation des âges au décès des centenaires canadiens- français	35
2.3 Les indicateurs de la longévité.....	40
2.4 Tables de mortalité des centenaires.....	44
2.5 Analyses de survie.....	46

Chapitre 3 : L’explosion du nombre de centenaires au Québec	49
3.1 Introduction.....	50
3.2 Sources et données	53
3.2.1 Les recensements et l’état civil	53
3.2.2 Populations reconstituées	56
3.2.3 Confrontation des données	56
3.3 Choix d’un indicateur de longévité	59
3.4 Résultats.....	63
3.4.1 L’évolution du nombre de centenaires au Québec	63
3.4.2 Ratio des centenaires	66
3.4.3 Facteurs responsables de l’augmentation du nombre de centenaires	67
3.4.3.1 L’augmentation de la taille des cohortes.....	68
3.4.3.2 L’augmentation de la probabilité de survie de la naissance à 80 ans	68
3.4.3.3 L’augmentation de la probabilité de survie de 80 à 100 ans	70
3.4.4 L’âge maximal au décès	71
3.4.5 Population projetée de centenaires	74
3.5 Conclusion	75
Chapitre 4: Data Validation and Measurement of Cohort Mortality among Centenarians in Quebec	77
4.1 Introduction.....	78
4.2 Materials and Methods	80
4.2.1 Validation of Centenarian Deaths	81
4.2.2 Validation of Deaths Reported at 99 Years Old	83
4.2.3 Underestimation of Ages at Death among Centenarians	83
4.3 Results.....	84
4.3.1 Measure of Centenarian Mortality Based on the True Centenarian Deaths	84
4.3.2 Comparing the Measure of Centenarian Mortality According to the Type of Data Used: All Deaths vs. True Centenarian Deaths Only	87
4.3.3 Evolution of mortality profiles over time	90
4.4 Conclusion	94

Chapitre 5 : L'avantage de survie des familles de semi-supercentenaires québécois	96
5.1 Introduction.....	97
5.2 Base de données et méthodes	99
5.3 Résultats	108
5.4 Conclusion	113
Conclusion générale	116
Principaux résultats	118
Contribution à l'avancement et à l'approfondissement des connaissances dans le domaine de la longévité	120
Limites et implications	126
Bibliographie générale	130
Annexes	xii

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I :	Croissance de la population âgée de 80 ans et plus de 1950 à 1990. Données regroupées pour 12 pays
Tableau II :	Accroissement en pourcentage du nombre de centenaires pour des périodes décennales successives
Tableau III :	Exemples d'erreurs de transcription
Tableau IV :	Nombre de centenaires et rapport de féminité des centenaires pour quelques pays sélectionnés, 1 ^{er} janvier 2007
Tableau V :	Derniers groupes d'âge disponibles indiquant les effectifs de population dans les recensements du Canada, 1881 à 2006
Tableau VI :	Comparaison des effectifs de population à 100 ans et plus selon deux sources de données, Québec
Tableau VII :	Ratio de centenaires pour 10 000 personnes à 60 ans, quarante ans plus tôt, Québec
Tableau VIII :	Comparaison du ratio de centenaires (RC_{60}) pour quelques pays sélectionnés
Tableau IX :	Décomposition des facteurs responsables de l'augmentation du nombre de centenaires, Québec, générations 1871-1901
Tableau X :	Recorded Deaths of French-Canadian Centenarians By Sex and Year of Age, Quebec, 1870-1894 Birth Cohorts
Tableau XI :	Validity of Reported Centenarians Deaths in Quebec, 1870-1894 Birth Cohorts
Tableau XII :	Distribution of the Erroneous Birth Dates according to the Difference between the Reported Birth Dates and the Real Birth Dates
Tableau XIII :	Distribution of Changes in the Ages at Death among True Centenarians
Tableau XIV :	Life Expectancy at 100 Years Old and Proportion of Deaths at 105+, All Records and True Centenarian Records
Tableau XV :	Test of Equality over Group of Generation
Tableau XVI :	Test of Equality over Group of Generations According to Age at Death
Tableau XVII :	Distribution des dates de naissance selon la source de données
Tableau XVIII :	Comparaison des espérances de vie à 50 ans des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires à celles de leurs générations respectives du Québec, générations 1833 à 1915
Tableau XIX :	Comparaison des probabilités de survie des frères et sœurs des semi-supercentenaires de 50 ans à l'âge x à celles de leurs générations respectives du Québec, générations 1870-1915
Tableau XX :	Comparaison des probabilités de survie des parents des semi-supercentenaires de 50 ans à l'âge x à celles de leurs générations respectives du Québec, générations 1833-1875

LISTE DES FIGURES

- Figure 1:** Évolution du nombre de centenaires, quelques pays sélectionnés, 1900-2003
- Figure 2 :** Évolution des quotients de mortalité à 80 ans selon le sexe, quelques pays sélectionnés, 1900-2003
- Figure 3:** Évolution des quotients de mortalité à 90 ans selon le sexe, quelques pays sélectionnés, 1900-2003
- Figure 4:** Évolution des quotients de mortalité à 100 ans chez les hommes, quelques pays sélectionnés, 1900-2003
- Figure 5:** Évolution des quotients de mortalité à 100 ans chez les femmes, quelques pays sélectionnés, 1900-2003
- Figure 6:** La méthode des générations éteintes
- Figure 7:** La méthode des taux de survie
- Figure 8:** Acte de mariage d'Archange Daigle et Georgianna Demers
- Figure 9:** Fiche de recensement de la famille d'Anna Daigle
- Figure 10:** Acte de mariage de Zotique Beaudet et d'Anna Daigle
- Figure 11:** Acte de baptême d'Anna Daigle
- Figure 12:** Évolution des effectifs de centenaires (100 ans et plus), pays sélectionnés, 1950-2007
- Figure 13:** Évolution des effectifs de centenaires (100 ans et plus) selon le sexe, Québec, 1921-2007
- Figure 14:** Évolution des effectifs de semi-supercentenaires et de supercentenaires, Québec, 1921-2007
- Figure 15 :** Évolution de l'âge maximal au décès, Québec, 1950-2005
- Figure 16:** Évolution de l'âge maximal moyen au décès, Québec, 1950-2005
- Figure 17:** Population projetée de centenaires selon trois scénarios de projection, 2006-2056, Québec
- Figure 18:** Deaths of Centenarians by Year of Birth, 1870-1894 Birth Cohorts, Quebec, True Centenarian Deaths
- Figure 19:** Age-Specific Life Table Deaths Rates of Centenarians by Sex, 1870-1894 French-Canadian Birth Cohorts, True Centenarian Deaths
- Figure 20:** Age-Specific Life Table Death Rates at ages 100+ by Sex, 1870-1894 French-Canadian Birth Cohorts, All Deaths and True Centenarian Deaths
- Figure 21:** Survival Probability According to Group of Generations, Females
- Figure 22:** Survival Probability According to Group of Generations, Males
- Figure 23:** Survival Probability According to Group of Generations and Age at Death
- Figure 24:** Comparaison des probabilités de survie des sœurs des semi-supercentenaires à celles de leurs générations respectives du Québec, générations 1870-1912
- Figure 25:** Comparaison des probabilités de survie des frères des semi-supercentenaires à celles de leurs générations respectives du Québec, générations 1871-1915

- Figure 26:** Comparaison des probabilités de survie des mères des semi-supercentenaires à celles de leurs générations respectives du Québec, générations 1844-1875
- Figure 27:** Comparaison des probabilités de survie des pères des semi-supercentenaires à celles de leurs générations respectives du Québec, générations 1833-1875

REMERCIEMENTS

- Mes premiers remerciements vont à mon directeur de thèse, Robert Bourbeau, lequel m'a soutenue, encouragée et conseillée tout au long de mes études. Je vous remercie également pour votre confiance et votre présence au quotidien, pour les échanges et les moments partagés.
- J'aimerais également remercier mon co-directeur de thèse, Bertrand Desjardins, pour son appui, sa disponibilité et ses conseils judicieux. Merci d'avoir laissé votre porte grande ouverte...
- Un gros merci à ma collègue et amie Nadine Ouellette pour son soutien moral et statistique. Merci pour ces heures passées à mes côtés, pour ta patience et ta disponibilité.
- Un gros merci également à Valérie Jarry et Camille Bouchard-Coulombe qui m'ont aidée à reconstituer les familles de centenaires et à valider leur âge au décès. Sans vous, peut-être serais-je encore plongée dans les archives...
- Je tiens à remercier mes amies Pascale, Lianne, Carolyne, Karine, Madeleine et Josiane pour leurs encouragements, leur soutien et leur compréhension. Merci tout simplement d'avoir été et d'être là. Vous avez été une source de réconfort tout au long de ces années.
- Je remercie mes parents, lesquels ont toujours cru en moi, offert leur soutien et encouragé à persévérer. Merci de m'avoir transmis ce désir d'apprendre et de se surpasser.
- Merci à tous les professeurs et au personnel administratif du département pour leur appui et leurs encouragements.
- A last thank to my love Kes Tagney, who has been with me for the last 2 years and therefore, had to deal with my stress, my bad mood and my grumpy

mornings. You always had the words to motivate me and give me the strength and the energy to continue and reach my goals. Thanks to you, I have been able to work in a paradise...

Introduction générale

Problématique

Depuis le milieu du 20^e siècle, on assiste à une baisse soutenue des taux de mortalité des personnes âgées de plus de 80 ans et ce, dans la majorité des pays développés (Thatcher, 2001). À cette chute du taux de mortalité aux grands âges correspond inévitablement une augmentation du nombre et des proportions de centenaires, augmentation qui, au fil du temps, ne cesse de prendre de l'ampleur. Cet accroissement important du nombre de personnes âgées de 100 ans et plus n'est pas sans retenir l'attention de tout chercheur s'intéressant aux questions de longévité et de survie aux grands âges. Les trajectoires de mortalité aux grands âges, les déterminants de la longévité, de même que les causes de l'augmentation du nombre de centenaires constituent les principaux axes de recherche dans le domaine de la longévité. Au Québec, la majorité des études consacrées aux centenaires ont traité du processus de validation des âges au décès des centenaires et de l'évolution de la mortalité à partir de 100 ans. Dans le cadre de cette thèse, nous aborderons non seulement ces deux aspects, mais nous analyserons également la situation démographique des centenaires québécois depuis le début du 20^e siècle, de même que la survie des frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires (personnes âgées de 105 ans et plus).

À l'instar de biens d'autres territoires à faible mortalité, le Québec a vu sa population de centenaires s'accroître à un rythme fulgurant au cours du 20^e siècle. Dans le cadre de cette thèse, nous étudierons cette tendance en recourant à des indicateurs démographiques classiques, et identifierons les facteurs responsables de l'accroissement de cette population à la fin du 20^e siècle. La variation du nombre de personnes atteignant 100 ans sera décomposée en trois facteurs, soit la variation de la taille des cohortes de naissance, la variation de la probabilité de survie de la naissance à 80 ans et la variation de la probabilité de survie de 80 à 100 ans. L'analyse portera sur les générations 1871, 1881, 1891 et 1901, lesquelles ont atteint l'âge de 100 ans entre 1971 et 2001.

L'étude de la mortalité aux grands âges doit nécessairement reposer sur des données fiables. Au Québec, les registres de population, les recensements, les statistiques de l'état civil de même que les données administratives (Régime des rentes du Québec) constituent les principales sources de données pour l'étude de la mortalité aux grands âges. Cette diversification des sources n'est malheureusement pas garante de la qualité des données. Une étude conduite par Bourbeau et Lebel (2000) a clairement révélé la déficience des estimations de populations concernant les personnes âgées de plus de cent ans. Plusieurs méthodes ont été proposées afin de pallier ce problème, dont celle des taux de survie qui s'appuie sur les décès de l'état civil. Cette méthode a entre autres été retenue dans la construction des tables de mortalité de la *Human Mortality Database*¹, de la *Kannisto-Thatcher Database*² et de la *Base de données sur la longévité canadienne*³. De manière générale, les données sur les décès sont considérées de meilleure qualité que les données sur les populations. Toutefois, plus on avance en âge, plus les mauvaises déclarations d'âge ont un impact sur les mesures de la mortalité. La validation des âges au décès des centenaires s'avère donc un processus incontournable pour quiconque entend produire des estimations fiables et précises de la mortalité des centenaires.

La survie des frères et sœurs de centenaires a notamment été étudiée par Perls et *al.* (2002, 2007) et Willcox et *al.* (2006). Ils ont ainsi démontré que les frères et sœurs des centenaires partagent un avantage de survie comparativement à leurs cohortes de naissance respectives. Toutefois, ce type d'analyse n'a jamais été entrepris à partir d'une base de données complète et validée. Dans le cadre de cette thèse, nous analyserons la survie des frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires dont les familles ont été entièrement reconstituées et dont les âges au décès ont été validés. Cette analyse mènera à une mesure précise et représentative de la mortalité des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires, laquelle nous permettra de nous prononcer sur la concentration familiale de la longévité.

¹ Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.mortality.org/>

² Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.demogr.mpg.de/databases/ktdb/>

³ Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.bdlc.umontreal.ca/bdlc/index.htm>

Objectifs

Cette thèse contribue à l'approfondissement des connaissances ayant trait aux causes de l'accroissement du nombre de centenaires québécois au 20^e siècle, aux trajectoires de mortalité aux grands âges et à la composante familiale de la longévité. Elle vise principalement à mettre en évidence la qualité des données québécoises aux grands âges, la décélération de la mortalité à partir de 100 ans et l'avantage de survie partagé par les frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires.

Les objectifs de cette thèse sont :

- Mettre en lumière l'augmentation du nombre de centenaires québécois au 20^e siècle;
- Identifier les facteurs susceptibles d'être responsables de l'augmentation du nombre de centenaires et leur contribution respective;
- Se prononcer sur la qualité des données québécoises aux grands âges ;
- Étudier les trajectoires de mortalité des centenaires selon le type de données considérées;
- Analyser la survie des frères, sœurs et parents d'un échantillon de semi-supercentenaires canadiens-français.

Cette thèse se compose de cinq chapitres, dont trois constituent des articles scientifiques. Le premier chapitre se présente comme une recension de la littérature consacrée à la longévité. Ce chapitre se divise en trois sections, la première traitant de l'augmentation du nombre de centenaires dans les pays à faible mortalité. Notre analyse porte sur 8 pays dont les séries de données nous permettent d'analyser l'évolution dans le temps des indicateurs associés à la survie aux grands âges. La deuxième partie de ce chapitre est consacrée aux déterminants de la longévité, et plus précisément aux facteurs génétiques. Nous avons décidé de focaliser notre attention sur ce déterminant en raison des liens qui peuvent être établis avec les sujets des trois articles composant cette thèse. Finalement, dans la dernière section de ce chapitre, nous discutons des trajectoires de mortalité aux grands âges en adoptant une approche

historique. Nous présentons les hypothèses et travaux des principaux chercheurs et scientifiques s'étant intéressés à l'existence d'une limite biologique à la vie humaine.

Le deuxième chapitre consiste en une présentation des sources de données et de la méthodologie utilisées dans le cadre des trois articles. Nous traiterons principalement de la nature des données exploitées, du processus de validation des âges au décès, du choix d'un indicateur de longévité, de la construction des tables de mortalité et des analyses de survie. Les chapitres 3, 4 et 5 constituent les trois articles de cette thèse et abordent des sujets complémentaires, en lien avec la démographie des centenaires québécois⁴. Le chapitre 3 traite de l'explosion du nombre de centenaires québécois au 20^e siècle. Cette tendance est étudiée à l'aide d'indicateurs tels le ratio de centenaires, les probabilités de survie et l'âge maximal au décès. Nous procédons également à la décomposition des causes responsables de l'accroissement du nombre de centenaires à la fin du 20^e siècle. Le chapitre 4 porte sur la validation des âges au décès des centenaires des générations 1870-1894 d'origine canadienne-française de confession catholique nés et décédés au Québec. Ce processus de validation nous a permis d'une part, de se prononcer sur la qualité des données québécoises, et d'autre part, de produire une mesure de la mortalité au-delà de cent ans exempte d'erreurs de déclarations d'âge. Finalement, le cinquième chapitre traite de la composante familiale de la longévité. Dans le cadre de ce dernier chapitre, nous étudions la survie des frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires nés à la fin du 19^e siècle. Cette étude nous a permis de se prononcer sur l'héritabilité de la longévité.

La conclusion générale s'inscrit comme une synthèse et une discussion globale de l'ensemble des résultats afférents aux trois articles. Des liens sont également établis entre nos résultats et ceux associés aux études présentées dans la recension de la littérature. Finalement, nous suggérons quelques avenues de recherche dans le domaine de la survie aux grands âges.

⁴ La numérotation des tableaux, figures et notes de bas de page des trois articles (chapitres 3, 4 et 5) a été modifiée pour répondre aux exigences de présentation de la thèse.

Chapitre 1

Recension de la littérature

1.1 L'accroissement du nombre de centenaires dans les pays à faible mortalité

La population de centenaires s'est accrue de manière considérable depuis les années 1960 dans la grande majorité des pays à faible mortalité. Cette tendance a été analysée notamment en France (Vallin et Meslé, 2001), en Angleterre (Thatcher, 2001), en Suisse (Robine et Paccaud, 2005), en Belgique (Poulain et *al.*, 2001), en Italie (Robine et *al.*, 2006), aux États-Unis (Krach et Velkoff, 1999), et au Japon (Robine et Saïto, 2003), de même que pour certains pays regroupés (Kannisto, 1994; Vaupel et Jeune, 1995). Tel que démontré dans l'ensemble de ces études, la vitesse à laquelle s'est multipliée cette population est extrêmement rapide comparativement aux autres groupes de population⁵.

Tableau I
Croissance de la population âgée de 80 ans et plus, de 1950 à 1990.
Données regroupées pour 12 pays⁶

Âge	Sexe	Population au 1er janvier		Facteur de croissance
		1950	1990	
80-89	Hommes	1 164 309	3 663 310	3,1
	Femmes	1 850 361	7 654 426	4,1
	Total	3 014 670	11 317 736	3,8
90-99	Hommes	49 577	297 407	6,0
	Femmes	113 855	988 886	8,7
	Total	163 432	1 286 293	7,9
100+	Hommes	173	2 945	17,0
	Femmes	636	14 890	23,4
	Total	809	17 835	22,0
Total	Hommes	1 214 059	3 963 662	3,3
	Femmes	1 964 852	8 658 202	4,4
	Total	3 178 911	12 621 864	4,0

Source : Vaupel, J.W., Jeune, B. 1995.

⁵ Vaupel, J.W., Jeune, B. 1995. « The Emergence and Proliferation of Centenarians ». Dans Jeune, B. et Vaupel, J.W. (eds.), *Exceptional Longevity : From Prehistory to the Present*, Monographs on Population Aging, 2, Odense : Odense University Press, p. 109.

⁶ Autriche, Belgique, Danemark, Angleterre et Pays de Galles, Finlande, France, Allemagne de l'Ouest, Italie, Japon, Norvège, Suède et Suisse.

Ainsi, de 1950 à 1990, la population formée des personnes âgées entre 80 et 89 ans a été multipliée par 3,8, celle des 90-99 ans par 7,9 et finalement, celle des centenaires par 22 (voir tableau I). Peu importe le groupe d'âge considéré, l'accroissement a été plus prononcé du côté des femmes, et cet écart s'est accru au fil des âges. Au sein des pays sélectionnés, c'est le Japon qui a enregistré le plus fort accroissement de personnes atteignant l'âge de 100 ans au cours de la période 1950-1990. On y dénombre 26 fois plus de personnes âgées de 100 ans en 1990 qu'en 1950⁷. Aucun pays n'a connu pareille augmentation, le deuxième en lice étant la Suisse dont le nombre de personnes âgées de 100 ans a été multiplié par 21,6 entre 1950 et 1990. La Norvège arrive bon dernier avec une population de centenaires 6,1 fois plus nombreuse en 1990 qu'en 1950.

Tableau II
Accroissement en pourcentage du nombre de centenaires pour des périodes décennales successives

Période	Canada	Angleterre	France	Japon	Norvège	Suède	Suisse	États-Unis
1960-69	81.95	93.75	89.92	118.59	-6.86	44.21	76.92	45.58
1970-79	117.70	79.2	88.33	143.4	62.90	137.13	114.29	66.76
1980-89	96.34	71.71	90.22	204.82	85.29	81.55	115.96	86.78
1990-99	24.66	47.32	92.53	235.15	39.95	55.41	89.86	31.47

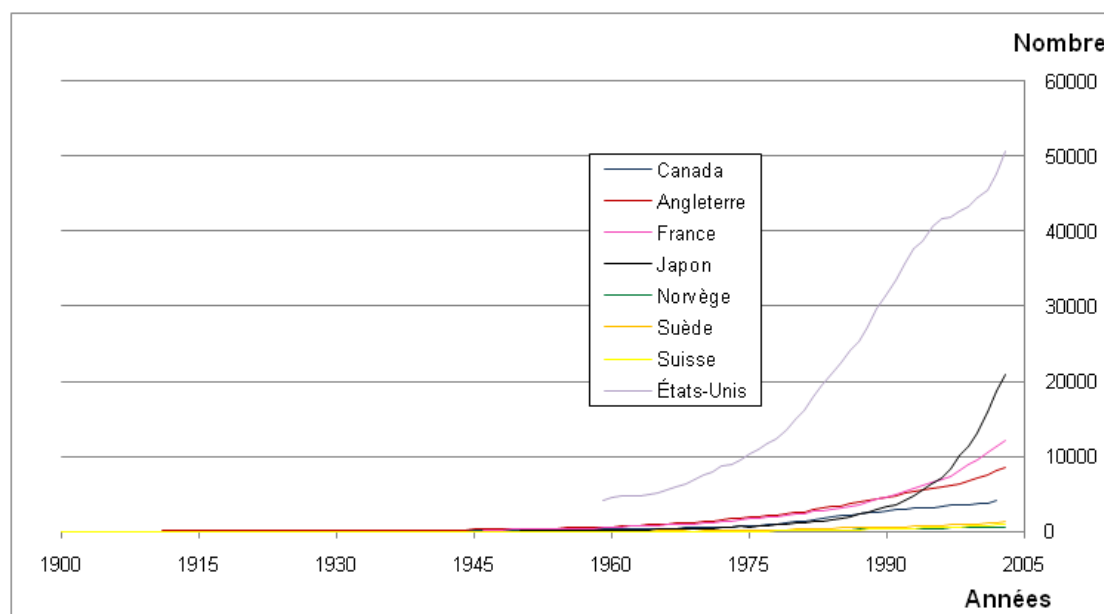
Source : Kannisto-Thatcher Database

Les périodes associées au plus fort accroissement de centenaires diffèrent selon les pays considérés (tableau II). En Angleterre, le taux d'accroissement le plus élevé correspond à la période 1960-69. En Suède et au Canada, l'augmentation la plus importante s'est produite durant les années 1970. Le taux d'accroissement des centenaires n'a cessé d'augmenter au Japon, le plus fort taux ayant été enregistré au cours de la dernière décennie.

⁷Résultats basés sur les effectifs de population figurant dans le tableau I de l'article de Vaupel J.W., Jeune B. 1995. « The Emergence and Proliferation of Centenarians. » Dans Jeune B. et Vaupel J.W. (eds), *Exceptional Longevity : From Prehistory to the Present*, Monographs on Population Aging, 2, Odense : Odense University Press.

En raison de la taille de sa population, les États-Unis comptent le plus grand nombre de centenaires; on en dénombre 50 652 en 2003, comparativement à 20 938 au Japon et 4 050 au Canada. Toutefois, en 2003, la part la plus élevée de centenaires au sein de la population totale se retrouve en France. En ce qui concerne l'accroissement de cette part au cours des cinquante dernières années, le Japon arrive bon premier avec une proportion de centenaires 103 fois plus élevée en 2003 qu'en 1950. Le Canada se retrouve loin derrière considérant que la proportion de centenaires au sein de la population totale a été multipliée par 8,7 en l'espace de 50 ans.

Figure 1
Évolution du nombre de centenaires, quelques pays sélectionnés, 1900-2003



Source : Kannisto-Thatcher Database

1.1.1 La baisse de la mortalité aux grands âges

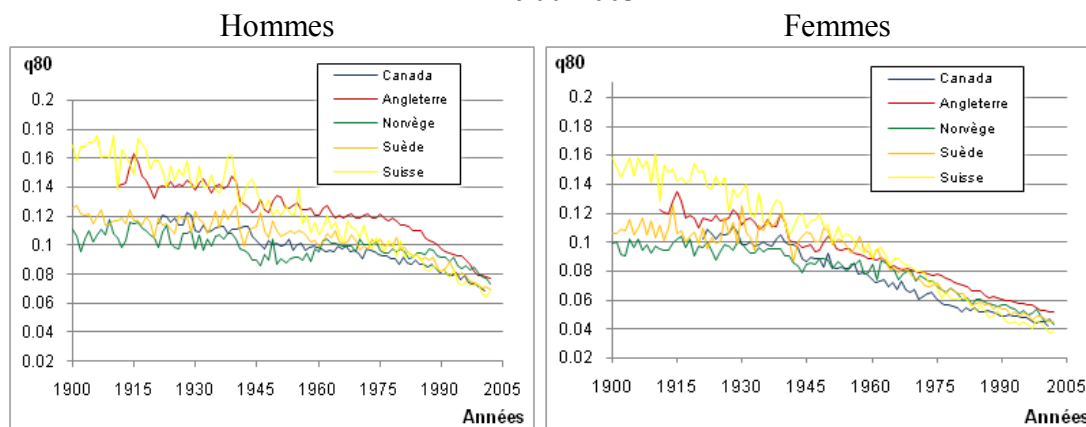
L'augmentation du nombre de centenaires peut être expliquée par les tendances de fécondité, de mortalité et de migration. Tel que proposé par Vaupel et Jeune (1995), l'accroissement de la population de centenaires peut être décomposé en 5 facteurs que sont l'augmentation de la taille des cohortes de naissance, la diminution de l'émigration nette et l'augmentation des probabilités de survie de la naissance à 50 ans, de 50 à 80

ans et de 80 à 100 ans. Dans cette section, nous focaliserons notre attention sur un de ces facteurs, soit sur l'évolution de la mortalité à partir de 80 ans.

Depuis les années 1950 et tout particulièrement à partir des années 1970, les pays à faible mortalité ont connu une baisse spectaculaire des taux de mortalité au-delà de 80 ans. Ainsi, en Angleterre, le quotient de mortalité à 80 ans est passé de 0,1345 à 0,0772 entre 1950 et 2002 chez les hommes et de 0,1035 à 0,0524 chez les femmes. Cela représente une baisse de 42,6% et de 49,4% chez les hommes et les femmes respectivement. En Suède, cette chute se chiffre à 36,8% chez les hommes et à 58,3% chez les femmes. On retrouve des baisses similaires au Canada, les quotients ayant diminué de 32,5% et 55,1% chez les hommes et les femmes respectivement. Pour tous les pays considérés⁸, la chute des quotients de mortalité à 80 ans a été nettement plus marquée du côté des femmes. En Norvège, le déclin de la mortalité à 80 ans est 4 fois plus important chez les femmes. Au sein des pays sélectionnés, la baisse la plus prononcée peut être observée chez les femmes originaires de la Suisse, le quotient de mortalité à 80 ans ayant été réduit de 65%.

Figure 2

Évolution des quotients de mortalité à 80 ans selon le sexe, quelques pays sélectionnés, 1900-2003



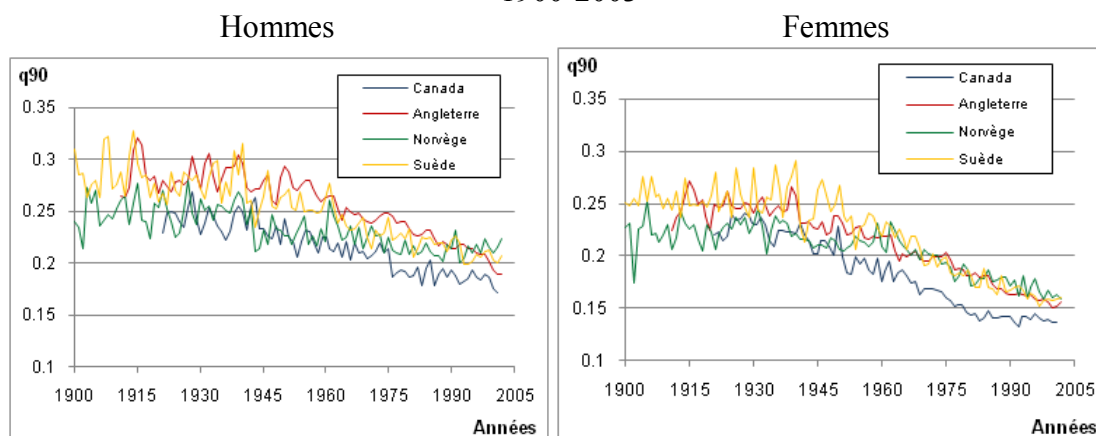
Source : Kannisto-Thatcher Database

⁸ Voir Figure 2

Ce déclin soutenu de la mortalité aux grands âges s'observe également à 90 ans. Les baisses sont toutefois moins marquées, et pour certains pays, elles sont aussi importantes du côté des hommes que des femmes. C'est notamment le cas pour l'Angleterre où le quotient de mortalité à 90 ans a été réduit de 35,31% chez les hommes et de 34,71% chez les femmes. Au Canada, la chute des quotients de mortalité se chiffre à 33,02% et à 45,75% chez les hommes et les femmes respectivement. Les plus faibles baisses s'observent dans les pays nordiques, le quotient de mortalité des hommes norvégiens n'ayant fléchi que de 1%. Contrairement à ce que l'on pouvait observer à 80 ans, l'évolution dans le temps des quotients de mortalité à 90 ans fluctue énormément selon le pays considéré. La qualité des données aux grands âges pourrait notamment rendre compte des différences observées entre les pays sous observation.

Figure 3

Évolution des quotients de mortalité à 90 ans selon le sexe, quelques pays sélectionnés, 1900-2003



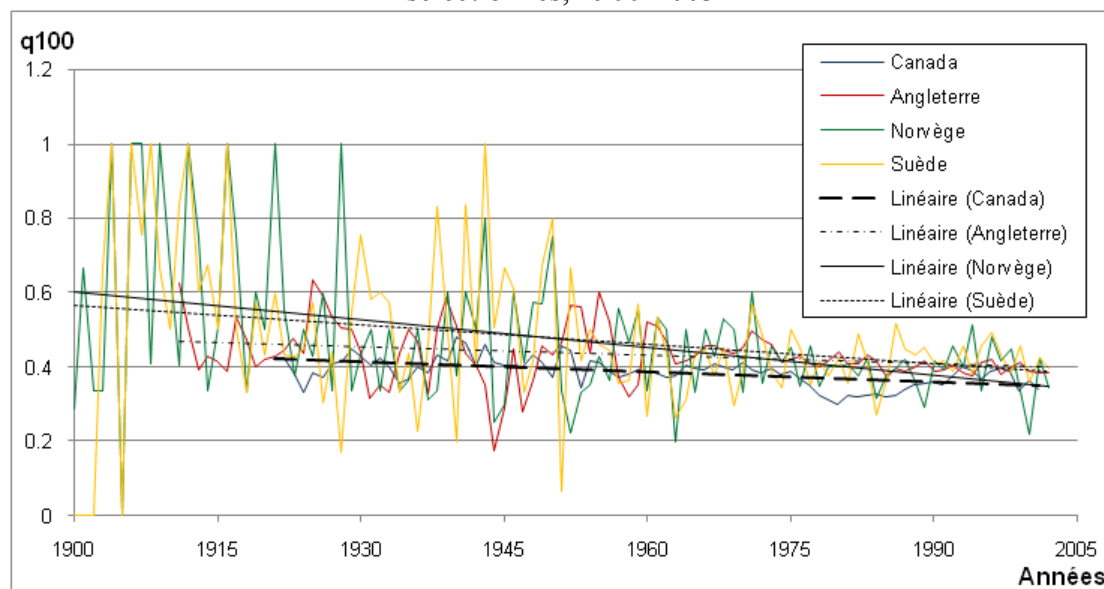
Source : Kannisto-Thatcher Database

Les quotients de mortalité à 100 ans ont également diminué depuis le début du 20^e siècle, mais contrairement aux tendances observées à 80 et même à 90 ans, la chute ne s'est pas accentuée au tournant des années 1950-1970. Les quotients de mortalité à 100 ans fluctuent beaucoup d'une année à l'autre en raison des faibles effectifs en présence. De manière générale, les quotients semblent avoir diminué de façon plus ou moins linéaire tout au long du 20^e siècle. On constate toutefois que les quotients de

mortalité se sont stabilisés, ou encore légèrement augmenté au cours des dernières années sous observation.

Figure 4

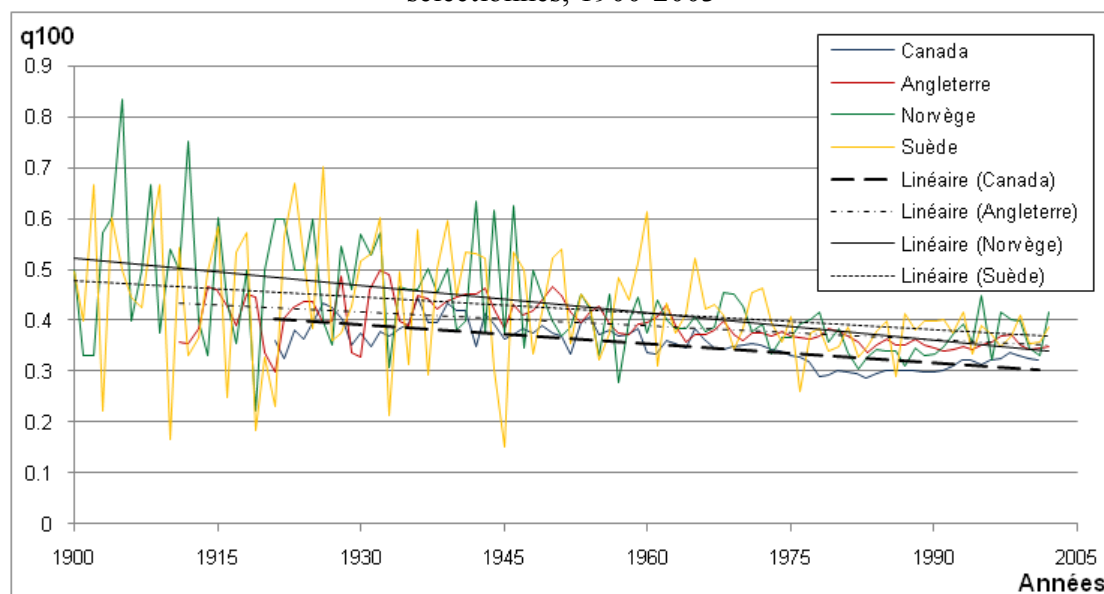
Évolution des quotients de mortalité à 100 ans chez les hommes, quelques pays sélectionnés, 1900-2003



Source : Kannisto-Thatcher Database

Figure 5

Évolution des quotients de mortalité à 100 ans chez les femmes, quelques pays sélectionnés, 1900-2003



Source : Kannisto-Thatcher Database

Dans le cadre du troisième chapitre, nous analyserons les tendances observées au Québec en ce qui concerne l'augmentation du nombre de centenaires. Entre autres, nous identifierons les principaux facteurs responsables de l'accroissement du nombre de centenaires québécois à la fin du siècle dernier et quantifierions leur contribution respective. Ainsi, cet article nous permettra de juger de l'ampleur de ce phénomène au Québec et plus spécifiquement d'établir des comparaisons avec d'autres pays à faible mortalité.

Dans la prochaine section, nous traiterons des facteurs ayant un impact sur la longévité des individus et, par conséquent, sur l'espérance de vie des populations, les taux de mortalité aux grands âges ou encore, sur la proportion de centenaires au sein des populations. Parmi l'ensemble des déterminants de la longévité, nous avons décidé de focaliser notre attention sur ceux qui touchent de près au sujet de cette thèse, soit les facteurs génétiques.

1.2 Les déterminants de la longévité

Cela fait maintenant plus d'un siècle que des chercheurs en biologie, en gérontologie, en démographie s'intéressent à la longévité dans l'espoir de trouver les gènes, les comportements ou les environnements responsables de l'extrême longévité ou encore, susceptibles de maximiser le potentiel de longévité chez l'être humain. L'ensemble de ces études nous confirment une chose : les déterminants de la longévité s'avèrent multiples et complexes. La majeure partie d'entre eux interagissent, se modifient sous l'action des autres, se renforcent ou s'atténuent avec le temps, rendant illusoire toute mesure exacte de la contribution de chacun d'entre eux à l'atteinte des âges extrêmes de la vie. À ce jour, bien que tous s'entendent pour affirmer que la longévité est déterminée par un ensemble de facteurs au sein desquels les modes de vie, l'environnement et la génétique prédominent, il n'existe toujours pas de consensus sur l'importance relative de chacun de ces facteurs dans l'explication des cas d'extrême longévité.

Les déterminants de la longévité peuvent être regroupés en 5 grandes catégories que sont les facteurs liés à la reproduction, les facteurs génétiques, les conditions de vie fœtales et infantiles, les trajectoires de vie et les conditions de vie courantes. Dans ce chapitre, nous ne traiterons que des facteurs génétiques, lesquels peuvent être reliés aux sujets des articles composant cette thèse.

1.2.1 Les facteurs génétiques

Les travaux de Beeton et Pearson (1901) et de Pearl et Pearl (1934) ont, sans contredit, ouvert la voie aux études conduites sur le caractère héréditaire de la longévité et sur les gènes de la longévité. Ainsi, depuis le début du 20^e siècle, a-t-on été témoin de la multiplication des études consacrées à ce sujet, lesquelles se basent, pour la plupart, sur des cohortes historiques.

1.2.1.1 La longévité familiale

Les données historiques sur les familles d'aristocrates britanniques ayant vécu entre 1740 et 1875 ont permis à Westendorp et Kirkwood (2001) d'étudier l'héritabilité de la longévité. En ce qui concerne les hommes, la relation positive entre leur longévité et celle de leurs parents (tout particulièrement celle des pères) ne s'observe qu'au sein des générations 1740 à 1700. Pour les femmes, la tendance se trouve inversée, puisque la composante familiale de la longévité n'est apparente que pour les cohortes nées entre 1701 et 1875. La relation entre la longévité parentale et celle des enfants n'est donc pas significative pour les femmes nées avant 1700 et pour les hommes nés après 1700. Leurs analyses ont également révélé que pour un homme, le risque instantané de vivre au-delà de 75 ans est dépendant de la longévité de l'épouse, témoignant d'une influence positive des conditions environnementales favorables à la longévité.

Selon les auteurs, l'impact significatif de la longévité paternelle sur celle de leurs fils durant la première période d'observation est compatible avec le concept d'hérédité patrilinéaire de la santé alors que l'impact significatif de la longévité maternelle sur celle de leurs enfants durant la deuxième période d'observation peut

trouver sa source dans l'ADN mitochondrial⁹. L'hérédité patrilinéaire de la santé et l'ADN mitochondrial représentent peut-être des éléments de réponse à l'héritabilité de la longévité mais comment expliquer que ces facteurs génétiques ne s'expriment pas de manière constante au fil des siècles ? Voilà une question qui demeure sans réponse...

L'étude réalisée en 2001 par Gavrilov et Gavrilova sur la transmission familiale de la longévité humaine a donné lieu à des résultats quelque peu différents et surtout plus cohérents. En se basant sur les données historiques des familles aristocrates européennes, les auteurs ont voulu, d'une part, vérifier l'existence d'une relation linéaire entre l'espérance de vie des parents et celle des enfants, et d'autre part, étudier l'impact relatif de la longévité maternelle comparativement à la longévité paternelle sur la durée de vie des enfants. Les résultats de leur étude témoignent d'une relation non linéaire entre la longévité des parents et celle de leurs enfants. Aux dires des auteurs, il s'agirait plutôt d'une relation illustrée par une pente de régression beaucoup plus abrupte aux âges avancés. Les résultats révèlent une augmentation significative de la transmission familiale de la longévité chez les pères ayant vécu plus de 75 ans. L'étude menée par Blackburn, Bourbeau et Desjardins (2004) à partir du *Registre de la population du Québec ancien* conclut dans le même sens. Leur analyse témoigne, d'une part, d'une relation non linéaire entre l'âge au décès des parents et celui des enfants, et d'autre part, d'un seuil (75 ans) au-delà duquel l'influence de la longévité parentale sur celle de leur descendance semble plus marquée.

À l'instar de l'étude de Gavrilov et Gavrilova (2001), celles menées par Blackburn, Bourbeau et Desjardins (2004) et par Desjardins et Charbonneau (1990) nous permettent de se prononcer sur l'impact relatif de la longévité maternelle comparativement à la longévité paternelle sur l'espérance de vie des enfants. Les résultats issus des travaux de Gavrilov et Gavrilova (2001) témoignent de la prédominance de la longévité paternelle en tant que déterminant de la longévité des fils et des filles. Les espérances de vie des pères et des mères ont toutes deux un impact positif significatif sur l'espérance de vie des fils et des filles, mais l'impact est

⁹ Voir p. 19.

nettement plus prononcé lorsque les parents ont vécu au-delà de 75 ans, et encore plus, lorsque le père a atteint cet âge. Pour tous les âges au décès, l'impact de la longévité paternelle sur sa descendance supplante celui de la longévité maternelle. Les conclusions tirées des études de Blackburn, Bourbeau et Desjardins (2004) et de Desjardins et Charbonneau (1990) vont toutefois dans le sens opposé. En effet, il semblerait que la longévité maternelle ait plus d'impact que la longévité paternelle sur la longévité des enfants. Les résultats de l'analyse conduite par Blackburn, Bourbeau et Desjardins (2004) ont même révélé l'absence de relation significative entre la longévité des pères et celle de leurs fils.

À l'instar de Westendorp et Kirkwood (2001), Blackburn, Bourbeau et Desjardins (2004) et Desjardins et Charbonneau (1990) ont exploré la relation entre la mortalité des conjoints. Les résultats issus de l'analyse de Blackburn, Bourbeau et Desjardins (2004) rendent compte d'une relation statistiquement significative entre l'âge au décès des conjoints mais, à la différence de ceux présentés par Westendorp et Kirkwood (2001), il semblerait que ce soit l'âge au décès de l'époux et non celui de l'épouse qui ait le plus d'impact sur l'âge au décès du conjoint(e). En ce qui concerne l'analyse menée par Desjardins et Charbonneau (1990), les résultats, bien que témoignant d'une relation positive entre l'âge au décès des conjoints, ne s'avèrent pas significatifs.

1.2.1.2 La survie des frères, sœurs et parents des centenaires

La composante familiale de la longévité a également été étudiée dans le cadre d'études portant sur la survie des frères, sœurs et parents de centenaires et de supercentenaires (personnes âgées de 110 ans et plus). Parmi celles-ci, mentionnons l'étude de Perls et *al.* (2002) sur la survie des frères et sœurs de 444 centenaires originaires de la Nouvelle-Angleterre. Les résultats de leur analyse confirment l'avantage de survie des frères et sœurs des centenaires comparativement aux membres de la génération «contrôle». Les frères et sœurs ont respectivement 4,1 et 2,6 fois plus de chance d'atteindre l'âge de 90 ans que la population de référence. De plus, contrairement à la majorité des facteurs démographiques et socio-économiques,

l'avantage de survie semble se maintenir au fil des âges, ce qui amène ce groupe de chercheurs à souligner l'importance de la génétique dans l'explication de la survie aux âges extrêmes de la vie.

Perls et *al.* (2007) ont poursuivi leur analyse en s'intéressant cette fois aux frères, sœurs et parents d'un échantillon composé uniquement de supercentenaires. Les résultats de cette étude abondent dans le même sens que la précédente; les probabilités de survie relatives (de 20 à 90 ans) des frères et sœurs des supercentenaires sont respectivement 4,3 et 2,9 fois plus élevées que celles de la génération «contrôle». L'avantage de survie est toutefois plus prononcé chez les mères, lesquelles ont 5,8 fois plus de chance de survivre de 50 à 90 ans que leur cohorte de naissance respective.

L'étude conduite par Willcox et *al.* (2006) sur un échantillon de 348 centenaires originaires d'Okinawa témoigne également de l'avantage de survie de leurs frères et sœurs. Ces derniers ont respectivement 5,43 et 2,58 plus de chance de survivre de 20 à 90 ans que la moyenne nationale. Selon les auteurs, l'avantage de survie des centenaires d'Okinawa témoigne également en faveur de la primauté des facteurs génétiques et ce, en raison du caractère homogène de cette population en ce qui a trait aux facteurs environnementaux.

Notre étude (chapitre 5) sur un échantillon composé de 134 semi-supercentenaires canadiens-français nous permettra également de se prononcer sur la composante familiale de la longévité. Une des forces de cette étude consiste en la qualité de l'information recueillie sur les frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires. En effet, nous avons entrepris la recherche des actes de baptême de tous les frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires à l'étude pour être en mesure d'une part, de valider leur âge au décès, et d'autre part, de corriger ou compléter l'information manquante quant aux noms, prénoms, dates de naissances des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires. Notre étude se distingue aussi par le degré de complétude des familles des semi-supercentenaires. Avec un pourcentage de frères et sœurs manquants se chiffrant au maximum à 1,1%, on peut affirmer que notre base

de données est complète. Ainsi, contrairement à la grande majorité des études sur la survie des frères et sœurs de centenaires, nous ne sommes pas aux prises avec un problème de sous-dénombrement des décès survenus avant l'âge de 20 ans (Perls et *al.*, 2002, 2007 ; Willcox et *al.*, 2006).

1.2.1.3 Les gènes de la longévité

De plus en plus d'études sur les centenaires sont conduites dans l'espoir d'identifier la ou les variations génétiques favorisant l'expression du potentiel de longévité humaine. Heijmans et *al.* (1999) ont découvert qu'une variation du gène nommé « méthylentetrahydrofolate reductase » (MTHFR) était associée avec le risque de mortalité avant et après l'âge de 85 ans chez les hommes. Ce gène agit en tant que régulateur du cycle méthionine/homocystéine, dont un dérèglement induit par une variation de ce gène peut mener à un risque de mortalité par maladie cardiovasculaire et par maladie cancéreuse plus élevé (Boushey et *al.*, 1995). À ce jour, les études sur cette variation génétique ont donné lieu à des résultats contradictoires. Bien que la majorité s'entende pour affirmer que ce gène joue un rôle dans le développement des maladies, et incidemment, sur le risque de mortalité, on n'est toujours pas en mesure de quantifier sa contribution (Heijmans, Westendorp et Slagboom, 2000).

L'allèle¹⁰ ε4 de l'apolipoprotéine E (APOE) est un facteur de risque reconnu pour les maladies cardiovasculaires (Eichner et *al.*, 1993 ; Wilson et *al.*, 1996) et la démence (Farrer et *al.*, 1997). Des études de « cas-témoins » menées sur des populations de centenaires chinois, japonais et français témoignent d'une plus faible fréquence de l'allèle ε4 au sein de ces populations (Jiang-Gang et *al.*, 1998 ; Hirose et *al.*, 1997 ; Blanché et *al.*, 2001). Toutefois, certaines études longitudinales ont révélé qu'une variation de l'APOE ε4 contribue à la mortalité chez les personnes âgées de moins de 75 ans; après cet âge, cette relation est absente (Fresken et *al.*, 1994 ; Rähä et *al.*, 1997 ; Vogt, Cauley et Muller, 1997 ; Skoog et *al.*, 1998 ; Tilvis, Strandberg et Juva, 1998).

¹⁰ Une des différentes formes que peut prendre un même gène. Les allèles occupent la même position (locus) sur les chromosomes homologues. Source : www.futura-sciences.com

Plusieurs études témoignent de l'existence d'une relation entre l'ADN mitochondrial et la longévité. L'ADN mitochondrial n'étant transmis que par les femmes, cette relation a même conduit certains chercheurs à affirmer que la longévité maternelle avait plus d'impact que la longévité paternelle sur la durée de vie de leur descendance. Francesci et *al.* (1995) ont comparé les variations de l'ADN mitochondrial entre un groupe de centenaires en bonne santé et un groupe «contrôle». Ils ont découvert que la distribution des fréquences des haplogroupes¹¹ de l'ADN mitochondrial différait entre les deux populations et que la fréquence de l'haplogroupe J était particulièrement élevée chez les centenaires (De Benedictis et *al.*, 1999). Ces résultats ont amené ces chercheurs à suggérer que l'héritabilité des mutations accidentelles accumulées dans l'ADN mitochondrial pouvait avoir un impact sur la longévité et le vieillissement en bonne santé.

Une association entre les allèles HLA-DRw9 et HLA-DR1 (Human Leucocyte Antigens) et la longévité a également été établie sur la base d'une étude conduite sur des centenaires japonais. Takata et *al.* (1987) ont découvert une fréquence plus élevée de HLA-DR1 et une fréquence nettement moindre de HLA-DRw9 au sein de cette population. Les maladies du système immunitaire étant associées à une fréquence faible de HLA-DR1 et à une fréquence élevée de HLA-DRw9, l'augmentation et la diminution respective de ces allèles pourraient mener à un allongement de l'espérance de vie.

À ce jour, on ne peut affirmer avec certitude l'existence d'une relation de cause à effet entre une variation génétique et la longévité humaine. Quelques études d'association témoignent d'un lien entre certains gènes et la prévalence de maladies spécifiques, mais leur nombre et le type d'analyses conduites nous interdisent d'identifier ces gènes comme des réponses au secret de la longévité. Ce nouveau champ d'études étant en pleine expansion, il ne faudrait toutefois pas s'étonner que des découvertes majeures aient lieu dans les prochaines décennies...

¹¹ Groupes de polymorphismes génétiques (i.e. Variation entre individus dans la séquence de gènes)

Tel que mentionné précédemment, la génétique fait partie d'un ensemble de facteurs ayant un impact sur la longévité des individus et des populations. Ces derniers déterminent non seulement l'âge auquel un individu peut espérer vivre, mais expliquent également les variations d'espérance de vie ou de proportions de centenaires entre les pays. Ainsi, considérant d'une part que ces facteurs évoluent dans le temps, et d'autre part, qu'ils interagissent entre eux, il s'avère bien difficile de croire en l'existence d'une limite biologique à la vie humaine. Toutefois, tel que nous le verrons dans la prochaine section, cette idée est loin de faire l'unanimité, certains scientifiques cherchant toujours à nous prouver le contraire.

1.3 Les trajectoires de mortalité aux grands âges

Les délibérations entourant l'existence d'une limite biologique à la vie humaine et l'évolution des quotients de mortalité avec l'âge ont vu le jour au 17^e siècle. Les mathématiciens, statisticiens, démographes, biologistes, etc., s'étant prononcés sur ce sujet au cours des 3 siècles suivants peuvent être associés à deux écoles de pensée. Graunt (1661), Huygens (1669), Leibniz (1680), Halley (1693), de Moivre (1724) et de Graaf (1729) stipulent que les quotients de mortalité augmentent avec l'âge et qu'il existe une limite fixe à la vie humaine, laquelle se situe bien avant l'âge de 100 ans¹². De Witt (1671)¹³, Buffon (1749), Gompertz (1825, 1872) et Makeham (1867) suggèrent plutôt une évolution des quotients de mortalité qui varie selon l'âge. Ainsi, jusqu'aux âges avancés, l'accroissement des quotients de mortalité se fait à un rythme exponentiel pour ensuite décélérer (de Witt, Gompertz, Makeham) ou encore stagner (Buffon). Selon Makeham (1867), « the rapidity of the increase in the death rate decelerated beyond age 75 ¹⁴ ». Ces derniers ont tous constaté que le modèle exponentiel ne parvenait pas à rendre compte de l'évolution de la mortalité aux grands âges lorsque seulement quelques individus subsistent.

¹² Cités dans: Dupâquier, J., Dupâquier, M., 1985. *Histoire de la Démographie*. Paris, Perrin, 462 p.

¹³ *Ibid.*

¹⁴ Makeham W.M. 1867. « On the law of mortality ». *Journal of the Institute of Actuaries*, 13, p. 346.

Il a fallu attendre plus de trois siècles pour que d'autres modèles et hypothèses relatifs aux trajectoires de mortalité aux grands âges soient proposés. Paul Vincent (1951) croit que les quotients de mortalité tendent vers l'unité, et qu'il existe donc une limite biologique à la vie humaine. En se basant sur des données observées entre 1900 et 1945 en France, aux Pays-Bas, en Suède et en Suisse, il parvient à démontrer que les quotients de mortalité atteignent l'unité à l'âge de 110 ans. Même en considérant un quotient limite de 0,8, la vie humaine n'excède pas l'âge de 110-111 ans. Sur la base de ces résultats, Bourgeois-Pichat (1952) de même que Sutter et Tabah (1952) suggèrent que les quotients de mortalité augmentent de manière exponentielle avec l'âge et ce, même aux âges les plus avancés. À partir du milieu du 20^e siècle, la loi de Gompertz se voit donc appliquée aux grands âges alors que cette dernière, telle qu'originellement proposée par Gompertz (1825, 1872), ne devait rendre compte que de l'évolution de la mortalité aux âges adultes. En effet, à la lecture de ses articles, on constate que tous ses calculs reposent sur des tables de mortalité dont l'âge terminal est 80 ans ou moins.

Alex Comfort (1964) semble partager l'opinion de Buffon et Gompertz quant au ralentissement de l'accroissement des quotients de mortalité aux grands âges. Il croit également que la survie humaine est déterminée à la fois par nos fonctions biologiques et l'environnement dans lequel nous évoluons. Ce dernier n'étant point statique, il apparaît invraisemblable que la durée de vie se limite à un âge prédéterminé.

James Fries (1980) croit que les taux de mortalité augmentent à un rythme exponentiel, et conséquemment, en une limite à la durée de vie humaine. En se basant sur le taux d'accroissement des espérances de vie à la naissance, à 20 ans et à 65 ans, il fixe à 85 ans la limite à l'espérance de vie des populations. En 1980, il publie sa théorie sur la compression de la morbidité laquelle se caractérise par un report et une concentration des maladies en fin de vie. Selon lui, bien que l'espérance de vie puisse légèrement augmenter au cours des prochains siècles (un mois par siècle), les progrès seront surtout réalisés en matière de morbidité. Certaines maladies seront toujours inévitables mais grâce aux programmes de prévention et aux avancées médicales, elles pourront se déclarer à des âges de plus en plus avancés.

Dans son livre intitulé « Maximum Lifespan » (1985), Walford stipule entre autres que l'âge maximal (environ 110 ans) auquel l'être humain peut espérer vivre n'a pas augmenté depuis l'apparition de l'*Homo Sapiens*. Il suggère également que cet âge est déterminé génétiquement pour chaque espèce et qu'il n'est en rien affecté par l'environnement. Selon lui, l'âge maximal se situe entre 110 et 120 ans et ce, autant chez les femmes que chez les hommes. Cutler (1985) abonde dans le même sens en affirmant que la limite à la vie humaine est relativement indépendante des conditions environnementales. À l'instar de Walford, il croit que la durée de vie maximale est spécifique à chaque espèce et celle de l'être humain se trouve fixée à 100 ans.

En 1991, Arking ouvre la voie à ce qu'on appelle l'approche biologique classique du vieillissement. Dans son ouvrage intitulé « Biology of Aging », il définit le vieillissement comme étant un processus qui résulte en une probabilité de décéder qui s'accroît avec le temps et en une plus faible résistance aux stress extérieurs. Arking reconnaît qu'au delà de 95 ans, le taux d'accroissement des quotients de mortalité ralentit avec l'âge. Selon lui, cette décélération de la mortalité aux grands âges pourrait être attribuable à l'existence d'une sous-population qui vieillit plus lentement que la normale et qui, rendue à ces âges, se retrouverait en surnombre. Si tel est le cas, cette sous-population devrait présenter des caractéristiques génétiques ou environnementales différentes du reste de la population.

Les études de Carey et *al.* constituent un tournant dans le domaine de la biodémographie. Dans un article paru en 1992 sur les trajectoires de mortalité des mouches méditerranéennes, ils démontrent que la mortalité décélère aux grands âges. Leurs résultats se trouvent corroborés par une étude de Curtsinger et *al.* (1992) basée sur les mouches drosophiles. Au-delà de 30 jours, il semblerait que les taux de mortalité cessent de s'accroître au sein de cette population. Les résultats de ces études remettent en question trois concepts fondamentaux de la biologie du vieillissement. Premièrement, la sénescence n'est pas un processus qui peut être défini et mesuré par l'augmentation des quotients de mortalité avec l'âge. Deuxièmement, les trajectoires de

mortalité aux grands âges ne suivent pas la loi de Gompertz. Finalement, les espèces ne se caractérisent pas par une durée de vie spécifique.

Dans un article paru en 1998, Thatcher et *al.* conduisent des analyses sur 13 pays, dont les données aux grands âges ont été jugées de très bonne qualité (Kannisto, 1994), en vue d'identifier le modèle décrivant le mieux la trajectoire de mortalité aux âges avancés. Ainsi, au terme de leurs analyses, le modèle logistique s'impose comme étant celui qui prédit le mieux l'évolution des quotients de mortalité aux grands âges. Ce modèle se caractérise notamment par la décélération de la mortalité aux âges avancés. Dans le cadre du deuxième article (chapitre 4) de cette thèse, nous avons validé les âges au décès des centenaires des générations 1870-1894, lequel processus nous a permis de produire une mesure de la mortalité au-delà de cent ans exempte d'erreurs de déclarations d'âge. Cette mesure nous permettra de se prononcer sur l'évolution de la mortalité aux grands âges et plus précisément, d'identifier le modèle statistique correspondant le mieux à l'évolution des quotients de mortalité à ces âges.

Que ce soit chez les mouches, les guêpes, les vers ou les humains, il y a un ralentissement du taux d'accroissement des quotients de mortalité aux âges avancés. La décélération de la mortalité peut notamment s'expliquer par l'hétérogénéité des populations. À mesure que l'on avance en âge, les individus les plus fragiles décèdent, laissant derrière eux les individus les plus robustes. Le ralentissement du taux d'accroissement des quotients de mortalité avec l'âge trouve ici sa source dans le changement de composition de la population sous étude. La décélération pourrait également être attribuable à des changements se produisant à un niveau individuel. Ainsi, il se pourrait qu'au fil des âges, certains individus changent leur comportement ou encore, connaissent des changements physiologiques, de telle sorte que leur probabilité de survie s'en trouve nettement améliorée, tirant vers le bas les trajectoires de mortalité de la population. Tel que souligné par Vaupel (2001), des recherches doivent être conduites sur l'impact relatif des changements de composition et des changements individuels sur les trajectoires de mortalité aux grands âges.

Dans le cadre des trois articles qui composent cette thèse (chapitres 3, 4 et 5), nous confronterons nos résultats à ceux issus des différentes études présentées dans le cadre de cette recension de la littérature. La croissance de la population de centenaires au Québec peut-elle se comparer à celle des pays à faible mortalité ? Les trajectoires de mortalité des centenaires québécois confirment-elles la décélération de la mortalité aux grands âges ? Les frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires québécois présentent-ils un avantage de survie comparativement à leurs cohortes de naissances respectives. Voilà autant de questions qui seront explorées dans l'un ou l'autre des articles de cette thèse et qui nous permettront de faire le pont entre ce qui a été observé au Québec et dans certains pays à faible mortalité.

Chapitre 2

Sources de données et méthodologie

2.1 Sources de données

L'étude de l'évolution du nombre de centenaires au Québec depuis le début du 20^e siècle repose sur des données agrégées. La majorité des indicateurs présentés dans ce premier article (voir chapitre 3) ont été calculés à partir des statistiques de décès de l'état civil et des estimations de population basées sur la méthode des générations éteintes et des taux de survie. En ce qui a trait aux décès survenus à 100 ans et plus, nous avons utilisé un fichier transmis par Statistique Canada comprenant le double classement des décès à partir de 1950 ainsi que le dénombrement des décès jusqu'au dernier âge déclaré (données non publiées). En ce qui concerne les données sur les populations âgées de 100 ans et plus, nous avons décidé de travailler avec les estimations de population diffusées sur la *Base de données sur la longévité canadienne*, lesquelles ont été calculées à partir de la méthode des générations éteintes et des taux de survie. Le principe de base de la méthode des générations éteintes est, qu'en population fermée, la taille de la population d'une génération à l'âge x est égale à la somme des décès à partir de cet âge jusqu'à l'extinction complète de cette génération.

En termes mathématiques :

$$P(x, t) = \sum_{i=0}^{\infty} [D_U(x + i, t + i) + D_L(x + i + 1, t + i)]$$

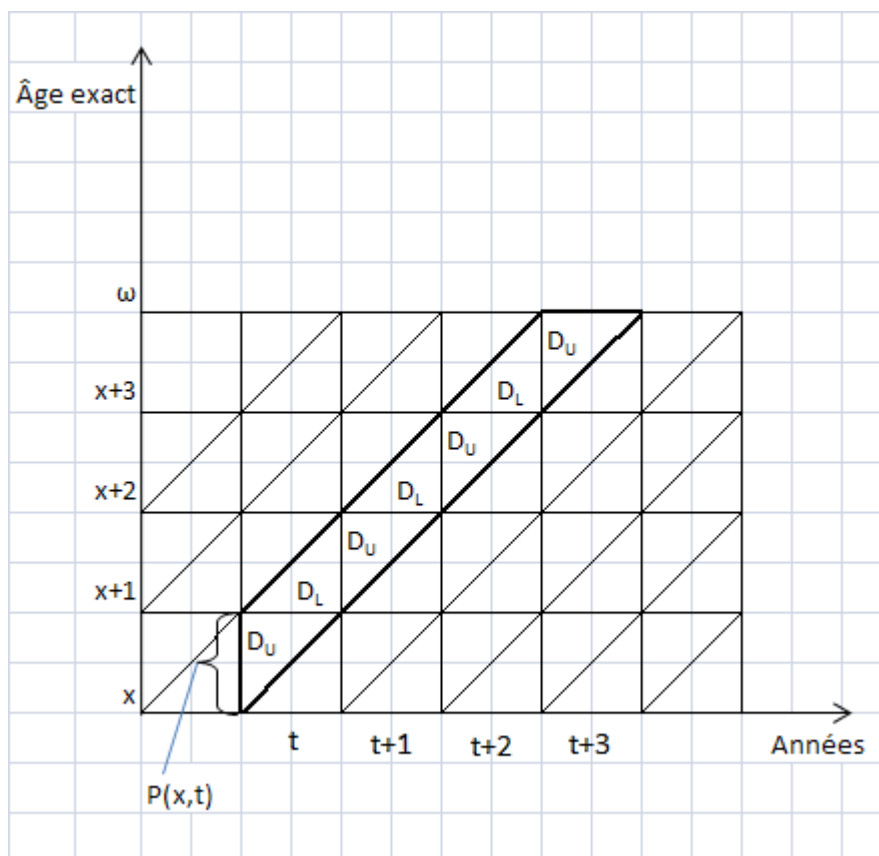
Où :

$P(x, t)$ = Population à l'âge x au 1^{er} janvier de l'année t

D_U = Décès survenus dans le triangle supérieur

D_L = Décès survenus dans le triangle inférieur

Figure 6
La méthode des générations éteintes



Cette méthode, développée par Vincent (1951), n'est applicable que pour des groupes d'âge où les mouvements migratoires sont négligeables, tels que les populations âgées de plus de 80 ans. Une génération est considérée éteinte lorsqu'elle a atteint l'âge maximal au-delà duquel la probabilité qu'il y ait un décès est virtuellement nulle. Cette méthode permet d'estimer les effectifs des générations éteintes, c'est-à-dire celles qui ont atteint l'âge maximal ω à la dernière année d'observation. Pour les générations subséquentes non éteintes, la méthode des taux de survie doit être appliquée. Le « taux de survie » se définit comme étant le ratio des survivants à l'âge x au 1^{er} janvier de l'année t sur les survivants de la même génération qui étaient vivants k années auparavant. En termes mathématiques, on obtient :

$$R = \frac{P(x, t)}{P(x - k, t - k)}$$

Où :

R = Taux de survie

$P(x, t)$ = Population à l'âge x au 1^{er} janvier de l'année t

$P(x - k, t - k)$ = Population de la même génération qui était vivante k années auparavant.

En supposant une migration nulle au cours de l'intervalle, le taux de survie peut aussi être écrit :

$$R = \frac{P(x, t)}{P(x, t) + \dot{D}}$$

Où

$$\dot{D} = \sum_{i=1}^k [D_U(x - i, t - i) + D_L(x - i + 1, t - i)]$$

En résolvant cette équation pour $P(x, t)$, on obtient :

$$P(x, t) = \frac{R}{1 - R} \dot{D}$$

Le taux de survie correspondant à la génération presque éteinte la plus âgée (i.e. âgée de $\omega - 1$ au temps t_n) est illustré à la figure 7. Il s'avère impossible de calculer ce taux de survie puisque nous ne connaissons pas la taille de la cohorte, i.e. $P(\omega - 1, t_n)$, à la fin de la période d'observation. Toutefois, des taux de survie comparables peuvent être calculés pour les générations antérieures puisque les effectifs de population au 1^{er} janvier de chaque année peuvent être estimés en appliquant la méthode des générations éteintes.

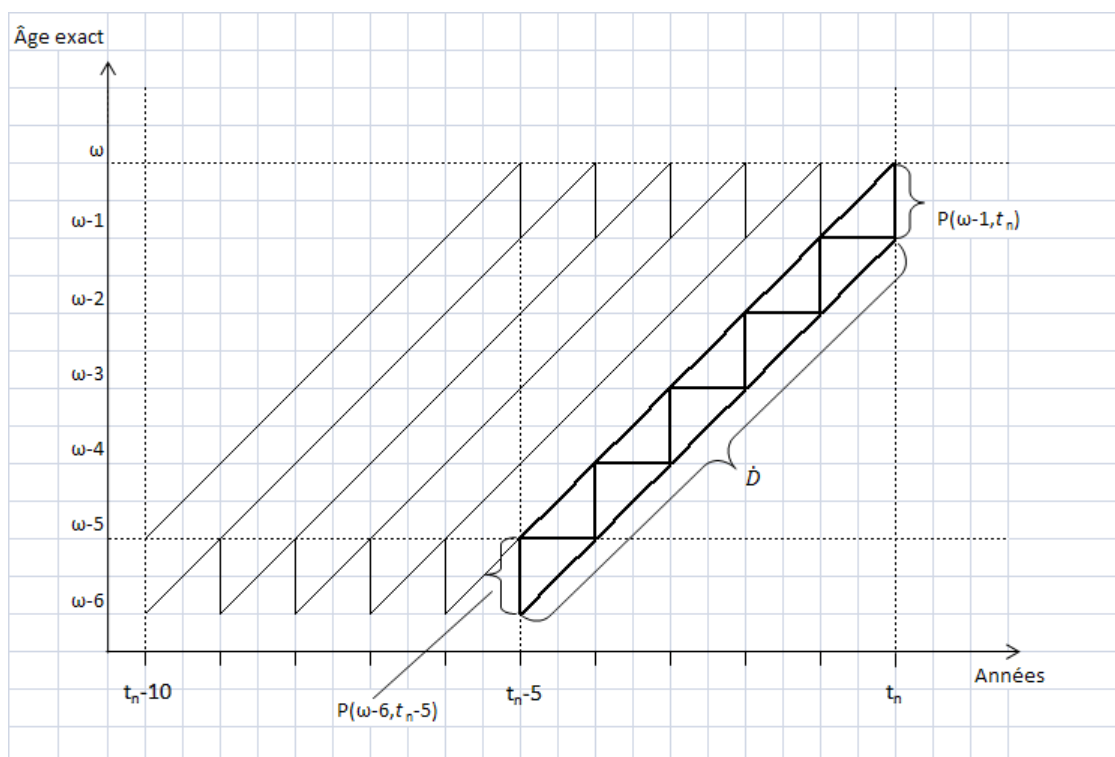
Si on suppose que le taux de survie est approximativement le même pour la génération presque éteinte que pour les m cohortes précédentes, on peut estimer R en calculant un taux de survie pour les m cohortes précédentes agrégées.

$$R^*(x, t, k) = \frac{\sum_{i=1}^m P(x, t - i)}{\sum_{i=1}^m P(x - k, t - k - i)}$$

Si R^* et \dot{D} sont disponibles pour une cohorte donnée, on peut estimer $P(x, t)$ comme suit :

$$\tilde{P}(x, t) = \frac{R^*}{1 - R^*} \dot{D}$$

Figure 7
La méthode des taux de survie*



*À l'âge $x = \omega - 1$, avec $k = m = 5$

Source : Methods Protocol for the Human Mortality Database

La méthode des taux de survie est appliquée pour l'estimation de $P(\omega - 1, t_n)$. Les estimations de population au sein de cette génération au 1^{er} janvier des années antérieures sont ensuite obtenues en additionnant les décès observés aux âges inférieurs et ce, jusqu'à l'âge de 80 ans. Il est ensuite possible d'estimer $P(\omega - 2, t_n)$, $P(\omega - 3, t_n)$, etc., en appliquant de manière récurrente la méthode des taux de survie.

Les effectifs de naissance enregistrés dans les recensements de 1861, 1871 et 1881, et l'estimation de l'Institut de la Statistique du Québec pour l'année 1901 ont servi au calcul des probabilités de survie de la naissance à 80 ans. Finalement, les projections de population des centenaires ont été réalisées par l'Institut de la Statistique du Québec.

Notre étude sur la mortalité des centenaires repose sur un fichier de décès obtenu de l'Institut de la Statistique du Québec après consentement de la Commission d'accès à l'information. La nature confidentielle de ces données nous empêche de révéler l'identité des centenaires étudiés. Afin de contourner ce problème, les cas cités en exemple sont tirés du fichier de centenaires construit par la Société de Généalogie du Québec, lequel est disponible en ligne sur internet¹⁵.

Le fichier fourni par l'Institut de la Statistique du Québec consiste en une liste des décès survenus à 100 ans et plus au Québec, au cours de la période 1970-2004. Ce fichier comprend le nom, prénom, sexe, état civil, dates de naissance et de décès, lieu de naissance et âge au décès des centenaires de même que les noms et prénoms de leurs parents et le nom de leur conjoint. Le deuxième article (chapitre 4) repose sur les décès de centenaires des générations 1870-1894, lesquels sont décédés entre 1970 et 2007¹⁶. Le troisième article (chapitre 5) se base quant à lui sur les décès de semi-supercentenaires survenus entre 1995 et 2004.

¹⁵ Disponible en ligne à l'adresse suivante: <http://www.sgq.qc.ca/centenaires/centenaires>

¹⁶ Nous avons inclus deux décès qui se sont produits en 2006 et 2007 et supposons ainsi que les générations sous étude sont éteintes.

Les mesures de la mortalité produites dans le cadre de cette thèse sont basées sur le groupe formé des Canadiens français, virtuellement tous de confession catholique, nés et décédés au Québec. Ce choix s'explique d'une part par le caractère relativement homogène de cette sous-population, et d'autre part, par le processus de validation entourant leur âge au décès. La validation des âges au décès des centenaires s'avère une étape incontournable pour quiconque entend produire des estimations de la mortalité aux grands âges. En effet, il a été démontré dans le cadre de plusieurs études sur la validation des données que les mauvaises déclarations d'âge sont plus fréquentes aux âges avancés. La surestimation ou la sous-estimation des âges, l'attraction pour les âges multiples de cinq ou de dix et les erreurs de transcriptions constituent les principaux types d'erreurs rencontrés. Instinctivement, on serait porté à croire que la majorité des mauvaises déclarations constituent des cas de surestimation de l'âge. C'est ce que nous tenterons entre autres de vérifier dans le cadre du premier article. Afin d'illustrer notre propos, nous allons traiter de quelques cas véridiques où l'âge réel au décès s'est avéré surestimé. Commençons par un cas célèbre, celui de Pierre Joubert, identifié comme supercentenaire (c'est-à-dire comme une personne ayant passé le cap des 110 ans) lors d'une enquête sur la longévité menée par Joseph-Charles Taché en 1878. Ce dernier avait à l'époque dressé une liste des centenaires qui, selon lui, constituaient des cas véridiques. La liste comprenait neuf décès de centenaires, dont celui de Pierre Joubert, décédé en 1814, à l'âge vénérable de 113 ans. Son décès a été cité en exemple dans plusieurs études et il a même figuré dans le livre des records *Guinness*. Dans l'édition de 1985, Pierre Joubert se classe au troisième rang des records de longévité. La liste de centenaires établie par Taché en 1878 sera cependant vérifiée plus d'un siècle plus tard par Hubert Charbonneau. Au terme de ses recherches, il constate que parmi les neuf décès de centenaires qui apparaissent sur la liste de Taché, 8 d'entre eux sont des faux centenaires, parmi lesquels on retrouve Pierre Joubert. Pierre Joubert est décédé en 1766, et non en 1814, à l'âge de 67 ans, et non de 113 ans... Pendant plus d'un siècle donc, la prétendue exceptionnelle vitalité des Canadiens français reposait sur un faux supercentenaire!!!

Les mauvaises déclarations d'âge sont un problème qui perdure et pas uniquement dans les pays ayant des systèmes d'enregistrement déficients. De nos jours, elles sont souvent le résultat d'erreurs de transcription. Le tableau III présente quelques exemples d'erreurs de déclaration tirés des données sur les centenaires analysés dans le cadre de notre étude.

Tableau III
Exemples d'erreurs de transcription

Date de décès	Date de naissance officielle	Date de naissance réelle	Type d'erreurs
11 décembre 1991	10 septembre 1881	10 septembre 1891	Différence de 10 ans
13 juillet 1976	18 janvier 1870	18 janvier 1890	Différence de 20 ans
15 novembre 1973	15 novembre 1871	14 octobre 1871	Jour et mois du décès répétés pour la naissance
12 janvier 1977	11 septembre 1874	9 novembre 1874	Inversion du mois et du jour

Les deux premières lignes du tableau renvoient à des cas de surestimation où la différence entre la date de naissance officielle et la date de naissance réelle se chiffre à 10 et 20 ans. À la troisième ligne, on constate que le jour et le mois de la date de décès ont été répétés pour celle de la naissance. Finalement, la dernière ligne est associée à un décès de centenaire dont le jour et le mois de naissance ont été inversés.

Ces quelques exemples témoignent de l'importance de la validation des âges au décès des centenaires, d'autant plus que l'impact des mauvaises déclarations sur les mesures de la mortalité se trouve amplifié du fait des faibles effectifs en présence.

2.2 Validation des âges au décès

La validation des âges au décès a été entreprise pour tous les centenaires canadiens-français de confession catholique nés et décédés au Québec analysés dans le cadre de cette thèse. Tel que souligné par Poulain, Chambre et Foulon (1999), la seule façon de valider l'âge au décès d'un centenaire est de consulter son acte de baptême dans les registres civils ou paroissiaux. Au Québec, l'enregistrement des baptêmes,

mariages et sépultures a été instauré par les premiers missionnaires français au 17^e siècle. À partir de 1679, l'enregistrement des naissances, mariages et décès était même réalisé en deux copies, dont l'une d'entre elles était acheminée au gouvernement en tant qu'enregistrement civil des événements, système qui a été maintenu sans interruption pendant plusieurs siècles. Les Canadiens-français, virtuellement tous de religion catholique, ont donc bénéficié d'un enregistrement de qualité depuis son implantation.

Les registres paroissiaux du Québec sont disponibles sur microfilms pour chaque paroisse jusqu'en 1940, mais malheureusement, bien que les événements aient été indexés annuellement au niveau paroissial, aucun index nominatif complet n'existe pour les 19^e et 20^e siècles¹⁷. Le principe derrière l'utilisation des registres paroissiaux à des fins de validation est de retrouver l'acte de baptême du centenaire afin de coupler deux documents enregistrés à plus d'un siècle d'intervalle. Tel qu'indiqué par Bourbeau et Desjardins (2006), il s'agit d'une procédure courante en démographie historique et relativement simple à accomplir lorsque tous les actes de baptême ont été indexés.

La validation de l'âge au décès ne se résume pas uniquement au couplage des actes de baptême et de décès. « The validation process [...] consist of bringing together, piece by piece, information that will improve the probability of the alleged age¹⁸ ». En 1995, Skytthe et Jeune ont proposé 4 niveaux de validation basés sur le type de vérification entreprise. Le niveau D se trouve au bas de l'échelle de validation et suppose qu'aucune vérification de l'âge n'a été effectuée. Le niveau C est atteint lorsque la date de naissance se trouve confirmée par l'acte de baptême. Une validation de niveau B repose sur la confrontation des informations contenues dans l'acte de

¹⁷ Les actes de baptêmes, mariages et sépultures sont indexés dans la base de données *Ancestry* (disponible en ligne à l'adresse suivante : www.ancestry.com) mais la recherche ne peut être effectuée que sur la base des nom et prénom de la personne. Autrement dit, il nous est impossible de préciser l'identité des parents lorsque nous cherchons un acte de baptême. De ce fait, la recherche d'un événement sur *Ancestry* peut s'avérer tout aussi longue que sur les microfilms.

¹⁸ Poulain, M. (À paraître, juin 2010). « On the age validation of supercentenarians ». Dans: *Supercentenarians*, Maier, H., Gampe, J., Jeune, B., Robine, J.-M. et Vaupel, J. W. (eds.), Berlin: Springer, p. 13.

baptême avec d'autres documents officiels, tels que l'acte de mariage des parents, l'acte de mariage du centenaire, ses apparitions dans les recensements de 1881, 1901 ou 1911. Finalement, le niveau A n'est atteint que lorsque tous les frères et sœurs du centenaire ont été retrouvés. Une telle démarche a pour but d'identifier les possibles substitutions de prénoms au sein d'une même famille. En effet, à cette époque, il était fréquent qu'un nouveau-né hérite du prénom d'un frère ou d'une sœur décédé en bas âge.

Selon ce système de classification, la validation des âges au décès des centenaires canadiens-français a atteint le niveau B. Tel que souligné par Poulain (à paraître), il s'agit d'un niveau de validation satisfaisant considérant que l'objectif de cette démarche est une estimation de la mortalité des centenaires la plus précise possible ; « levels B et C may be satisfactory when trying to estimate the level of longevity of a given population by enumerating the number of centenarians in different birth cohort ¹⁹ ». La reconstitution des familles (niveau A) ne pouvait être réalisée avec les ressources et le temps dont nous disposions. Toutefois, puisque nous avons dû reconstituer les familles des 134 semi-supercentenaires sur lesquelles se basent notre troisième étude (chapitre 5), nous étions en mesure d'évaluer la fréquence des substitutions d'enfants au sein des familles canadiennes-françaises. Ainsi, parmi les 134 familles sous observation, on en dénombre 10 au sein desquelles deux enfants (ou trois pour deux d'entre elles) portent le même prénom. En considérant que le nombre moyen d'enfants des familles analysées s'élève à 11,1 et que le taux de mortalité infantile se chiffre à 16%, on peut penser que la substitution des prénoms n'était pas une pratique si répandue chez les Canadiens-français. De plus, il convient de mentionner que pour chaque centenaire à l'étude, la date de naissance inscrite sur leur acte de baptême était confrontée à celles enregistrées dans les recensements de 1881, 1901 et 1911. Lorsque les informations ne concordaient pas entre les sources, nous allions vérifier les registres paroissiaux aux dates de naissance saisies dans les recensements pour s'assurer que nous disposions bel et bien du bon acte de baptême et non pas celui d'un frère ou d'une sœur décédé.

¹⁹ Ibid., p. 8.

2.2.1 Les étapes de la validation des âges au décès des centenaires canadiens-français

L'acte de baptême des centenaires sous observation a été retrouvé dans la grande majorité des cas. La réussite de cette démarche dépend toutefois des informations dont nous disposons. Lorsque les noms et prénoms des parents figurent sur l'acte de décès, la première étape consiste à retracer leur acte de mariage dans l'Index des mariages des Canadiens français célébrés entre 1799 et 1940. Cet index, connu sous le nom de Drouin, contient des informations sur la date et la paroisse où le mariage a été célébré. Une fois ces informations collectées, il nous est possible de retrouver l'acte de mariage en question dans les registres paroissiaux du Québec. Ce sont les informations concernant le domicile des époux qui orientent la recherche de l'acte de baptême. La coutume veut que le mariage soit célébré dans la paroisse de l'épouse et que les époux élisent domicile dans celle de l'époux. Ainsi, dans la grande majorité des cas, les actes de baptême de leurs enfants sont retrouvés dans la paroisse de l'époux.

Pour certains centenaires, nous n'avions aucune information sur les noms et prénoms de leurs parents. Avec les noms et prénoms du centenaire et de son conjoint, nous pouvions toutefois consulter l'index des mariages en vue d'identifier la date et la paroisse où leur mariage a été célébré. Les noms et prénoms des parents du centenaire et les lieux de résidence du centenaire et de ses parents, inscrits dans l'acte de mariage, nous ont permis de retrouver l'acte de baptême recherché.

Finalement, quelques cas se posaient d'instance comme plus problématiques: ceux dont les seules informations se résumaient à leurs nom et prénom et date de naissance. Nous espérions alors que le centenaire se soit marié et que son mariage ait été indexé dans le Drouin ou alors, qu'il apparaisse dans les recensements de 1881, 1901 ou 1911, lesquels sont indexés et disponibles en ligne²⁰. Advenant la réussite d'une de ces démarches, nous disposions alors d'un minimum d'information sur les paroisses susceptibles d'avoir enregistré l'acte de baptême recherché.

²⁰ Disponible à l'adresse suivante: <http://www.automatedgenealogy.com>

La validation des âges au décès peut s'avérer être un processus complexe requérant un minimum de patience et de persévérance. Pour ces raisons, nous avons cru pertinent d'illustrer ses principales étapes à partir d'un cas concret. Nous avons retenu le décès de la centenaire Anna Daigle, née le 10 octobre 1889 et décédée le 20 octobre 1993, à l'âge de 104 ans et 10 jours. Sur sa fiche de décès on peut y lire les informations suivantes :

- Nom: Daigle
- Prénom: Anna
- Âge au décès: 104 ans
- Date de naissance: 10/10/1889
- Date de décès: 20/10/1993
- Prénom et nom du conjoint: Zotique Beaudet
- Prénom et nom de la mère: Georgianna Demers
- Prénom et nom du père : Archange Daigle
- Lieu de naissance: omis
- Lieu de résidence: St-Pierre-les-Becquets

Les noms et prénoms des parents étant connus, la recherche de l'acte de baptême débute par la recherche de l'acte de mariage des parents. Selon le Drouin, leur mariage a été célébré le 9 juin 1885, à Ste-Sophie-de-Lévrard, dans le comté de Nicolet. Voici une copie de leur acte de mariage où sont encerclés les noms des époux et leurs domiciles respectifs:

Figure 9
Fiche de recensement de la famille d'Anna Daigle

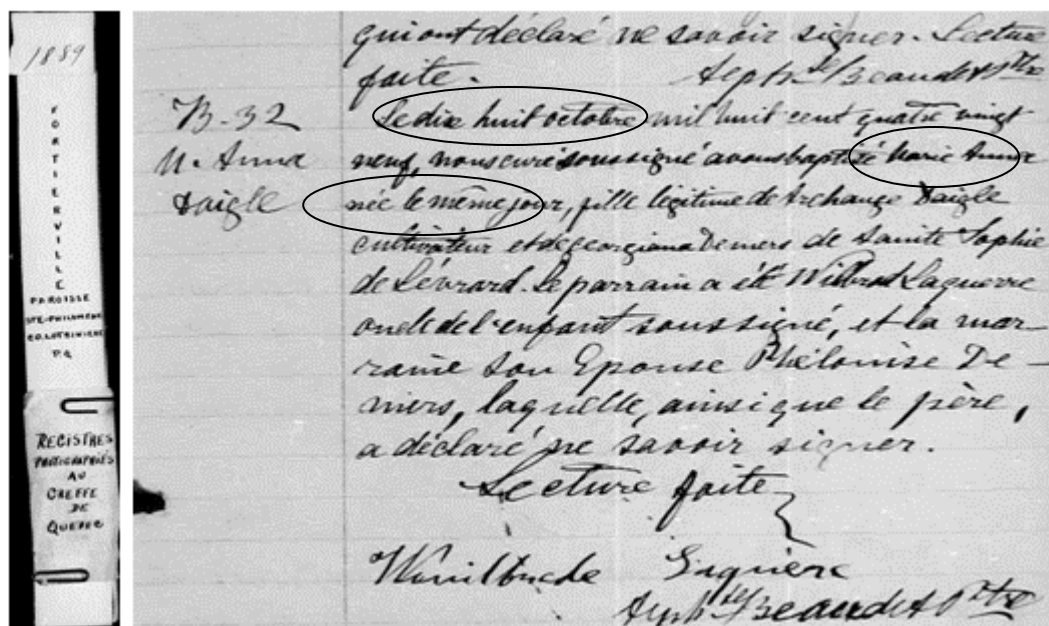
Page #	Line #	Numbered in order of visitation	Personal Description								
			Family or Household	Name of each person in family or household on 31st March, 1901.	Sex.	Color	Relationship to head of family or household.	Single, married, widowed or divorced.	Month and date of birth.	Year of birth.	Age at last birthday.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	50		92	Daigle Arcange	M		Head	M	Mar 30	1864	37
10	1		92	Daigle Georgiana	F		Wife	M	Mar 10	1864	37
10	2		92	Daigle Wouilfred	M		Son	S	May 21	1889	12
10	3		92	Daigle Anna	F		Daughter	S	Oct 18	1890	11
10	4		92	Daigle Alphonse	M		Son	S	Mar 29	1894	7
10	5		92	Daigle Julia	F		Daughter	S	Feb 8	1896	5
10	6		92	Daigle Emilia	F		Daughter	S	Apr 4	1899	2
10	7		92	Daigle Alexina	F		Daughter	S	Aug 15	1900	8/12

previous household next household

Source Information:
1901 Census of Canada
 Subdistrict: Sainte-Sophie-de-Lévrard, NICOLET, QUEBEC
 District Number: 179
 Subdistrict Number: s-1
 Archives Microfilm: T-6538

D'après les informations enregistrées dans le recensement, la famille est domiciliée à Ste-Sophie-de-Lévrard et Anna est née le 18 octobre 1890. Toutefois, son acte de baptême s'avère également introuvable dans le registre de l'année 1890 de cette dite paroisse. La troisième et dernière étape consiste donc à retrouver l'acte de mariage de la centenaire. Ce dernier est fort heureusement indexé dans le Drouin. Il a été célébré le 5 octobre 1925, à Fortierville, Lotbinière, dans la paroisse de Ste-Philomène. On peut entre autres y lire que Zotique Beaudet est domicilié à Ste-Sophie-de-Lévrard et qu'Anna Daigle réside à Ste-Philomène. Nous consultons donc les registres de la paroisse de Ste-Philomène dans l'espoir d'y retrouver l'acte de baptême de la centenaire.

Figure 11
Acte de baptême d'Anna Daigle



Les actes de baptême des centenaires ont été pour la grande majorité retrouvés et leur âge au décès ainsi validé. Pour les quelques cas dont la recherche s'est soldée par un échec, les âges au décès ont été validés avec les informations contenues dans les recensements de 1881, 1901 et 1911. Parmi les centenaires sous étude, nous avons classés comme « non validés » ceux dont l'existence n'a pu être confirmée par un recensement ou dont l'identité s'est avérée incertaine.

2.3 Les indicateurs de la longévité

Par souci de comparaison internationale, la mesure de la survie aux grands âges doit s'appuyer sur un indicateur de la longévité qui, contrairement au nombre absolu de centenaires, n'est pas influencé par la taille des populations. L'espérance de vie, la prévalence des centenaires, l'indice de longévité extrême, le ratio de centenaires pour 10 000 naissances et le ratio de centenaires pour 10 000 personnes à 60 ans constituent les indicateurs les plus couramment utilisés pour ce type d'analyse. Certains de ces indicateurs présentent toutefois des inconvénients qui méritent d'être soulignés.

L'espérance de vie et la prévalence des centenaires, quoique largement exploitées dans la littérature, ne devraient pas être privilégiées pour ce type d'analyse. En raison des faibles effectifs en présence, les valeurs associées aux espérances de vie à 100 ans souffrent d'imprécision. De plus, l'espérance de vie n'est pas une mesure réelle du nombre moyen d'années qu'un individu peut espérer vivre puisque son calcul repose sur l'hypothèse que les taux de mortalité aux différents âges demeurent inchangés au fil du temps. Cet indicateur ne parvient pas non plus à saisir les conditions réelles de mortalité qui ont affecté les nombreuses cohortes qui le composent. La prévalence de centenaires, qui rapporte le nombre de centenaires à la population totale, est quant à elle grandement influencée par les migrations et les divers phénomènes ou événements ayant pu affecter sa structure par âge. Ainsi, il n'agit pas d'un indicateur approprié pour la comparaison internationale.

Le ratio de centenaires pour 10 000 personnes à la naissance a été utilisé dans le cadre de plusieurs études sur les centenaires (Poulain, Chambre et Foulon, 2001; Robine, Saito et Jagger, 2003; Robine et Saito, 2003; Robine et Paccaud, 2005; Robine *et al.*, 2006). Cet indice est obtenu en divisant le nombre de personnes âgées de 100 ans à une date donnée (au 1^{er} janvier par exemple) par le nombre de naissances qui se sont produites entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre, un siècle auparavant. En termes mathématiques :

$$RC_{[0]} = \frac{P^{01/01/y}}{N^{y-100}}$$

Le problème majeur associé à cet indice est qu'en raison des flux migratoires, les effectifs associés aux numérateurs et dénominateurs ne proviennent pas des mêmes populations. D'une part, cet indice surestime la prévalence des centenaires car la population au numérateur comprend des individus nés en dehors de la population étudiée. D'autre part, il sous-estime la prévalence des centenaires en ne considérant pas les centenaires qui sont nés au sein de la population étudiée mais qui ont émigré et célébré leur 100^e anniversaire à l'extérieur du territoire considéré.

L'indice de longévité extrême (ILE), proposé par Poulain et *al.* (2004), est une version améliorée du ratio de centenaires pour 10 000 personnes à la naissance. Ce dernier rapporte le nombre de survivants à 100 ans au sein d'une génération donnée à l'effectif des naissances de cette même génération. En termes mathématiques :

$$ILE = \frac{S_{100}}{S_0} * 100$$

Où S_{100} = Survivants à 100 ans

Et S_0 = Survivants à 0 an (effectif des naissances)

Tel que souligné par les auteurs, cet indice ne souffre d'aucune surestimation, puisqu'il ne considère que les individus nés sur le territoire étudié. De plus, si leur existence est connue, il intègre au calcul les centenaires nés au sein de la génération considérée qui auraient émigré et atteint l'âge de 100 ans à l'extérieur du pays. Toutefois, lorsque cet indicateur est utilisé pour des fins de comparaison internationale, il confronte des cohortes n'ayant pas nécessairement vécues les mêmes expériences de mortalité. Les guerres, les épidémies, les mesures d'hygiène, pour ne nommer que celles-là, ont un impact sur les taux de mortalité et conséquemment, sur le nombre de centenaires observés.

Le ratio de centenaires pour 10 000 personnes à 60 ans, quarante ans auparavant, (Robine et Paccaud, 2005; Robine et *al.*, 2006) constitue une avenue intéressante pour l'étude de la survie aux grands âges. Un tel indicateur permet non seulement d'écarter les perturbations liées aux mouvements migratoires, mais également celles associées à la mortalité infantile, tout en conservant l'essentiel de la mortalité adulte. Cet indicateur repose sur l'hypothèse que « le nombre de centenaires dans un pays dépend essentiellement du nombre d'individus âgés de 60 ans, quarante ans plus tôt, et des trajectoires de mortalité après cet âge²¹ ». En termes mathématiques :

²¹ Robine, J.-M. et Paccaud, F. 2004. «La démographie des nonagénaires et des centenaires en Suisse », *Les cahiers québécois de démographie*, 33(1), p. 63.

$$RC_{[60]} = \frac{P(100)^t}{P(60)^{t-40}} * 10\ 000$$

Le recours à un tel indicateur est particulièrement pertinent dans le contexte migratoire québécois des 19^e et 20^e siècles. En effet, si l'on se fie aux estimations de Lavoie (1972), qu'elle qualifie elle-même de conservatrices, 1 550 000 Canadiens dont 510 000 Québécois ont franchi la frontière américaine au cours de la période 1860-1900. Cela correspond à un taux d'émigration annuel moyen de l'ordre de 10,3%. À cette émigration massive des Québécois vers les États-Unis a suivi un rapatriement de certains d'entre eux mais surtout, le début d'une immigration internationale importante vers le Québec. En rapportant les effectifs de population à 100 ans aux effectifs de population à 60 ans, on parvient à réduire considérablement l'impact de l'ensemble des mouvements migratoires ayant pu affecter la population considérée au dénominateur.

Ce ratio de centenaires a été proposé par Caselli et ses collègues (à paraître) pour comparer la distribution des centenaires de certaines régions de l'Italie. Le choix du dénominateur reposait essentiellement sur le type de migrations associé aux cohortes italiennes de la fin du 19^e siècle. Ainsi, les générations 1870-1890 ont été particulièrement touchées par les migrations de travail, lesquelles se produisent généralement avant l'âge de 60 ans. De plus, tel que souligné par les auteurs, les migrations de retour étaient exceptionnelles après cet âge, la majorité d'entre elles survenant peu après la période d'émigration (Robine et *al.*, 2006).

Dans le cadre du premier article, nous nous intéressons à la survie aux grands âges des générations 1860-1905, lesquelles ont atteint l'âge de 60 ans entre 1920 et 1965 et l'âge de 100 ans entre 1960 et 2005. Si les migrations sont généralement reconnues comme étant négligeables à partir de 80 ans, il convient ici de s'attarder à la prévalence des migrations entre 60 et 80 ans au Québec. Selon les statistiques de l'immigration²² et le recensement de 2006²³, la proportion d'immigrants âgés de plus de

²² *Statistiques de l'immigration*, Ministère de la Main-d'oeuvre et de l'Immigration, Division de l'Immigration du Canada, Ottawa, 1966 à 1996.

60 ans admis en sol québécois se chiffrait à 0,31% avant 1961 et à 1,6% pour la période s'échelonnant de 1966 à 1975. En ce qui concerne les Québécois qui auraient quitté le territoire après l'âge de 60 ans, Yolande Lavoie (1972) estime que plus de 98,5% des émigrants de la période 1900-1930 avaient moins de 50 ans. De plus, tel que soulevé par Desrosiers, Gregory et Piché (1976), les Québécois de cette époque émigraient principalement pour des raisons économiques. L'ensemble de ces éléments nous incitent à croire que les mouvements migratoires au-delà de 60 ans au Québec étaient plutôt rares avant le milieu des années 1970, date à laquelle les générations étudiées sont soit éteintes ou très âgées.

Par souci de comparaison internationale et considérant la nature des données utilisées de même que le profil migratoire prévalant durant la première moitié du 20^e siècle, la mesure de la longévité des Québécois reposera sur le ratio de centenaires pour 10 000 personnes à 60 ans. En admettant la faible prévalence des migrations au-delà de 60 ans, on suppose que les populations considérées au numérateur et au dénominateur sont relativement les mêmes. Autrement dit, on suppose que les flux migratoires entre 60 et 100 ans sont négligeables. Toutefois, il convient de préciser que les effectifs de population au 1^{er} janvier de chaque année comportent des immigrants, lesquels pourraient avoir un impact sur les ratios de centenaires calculés. En effet, de plus faibles ratios pourraient notamment être expliqués par « l'effet des immigrants en bonne santé ». Toutefois, tel que souligné par Bourbeau (2002), le poids de ces immigrants aux âges avancés n'est pas assez important pour rendre compte de l'avantage de survie des Québécois. On peut donc affirmer que de plus faibles ratios de centenaires témoigneraient d'un réel avantage de survie aux grands âges des Québécois.

2.4 Tables de mortalité des centenaires

Nous avons appliqué la méthode des générations éteintes (Vincent, 1951) afin de reconstituer les effectifs de population des centenaires²⁴. Nous avons ainsi supposé que

²³ Statistique Canada, *Recensement de la population de 2006*, Produit n° 97-557-XCB2006023 au catalogue de Statistique Canada.

²⁴ Vous référer à la page 26.

les générations analysées dans le cadre du deuxième article, soient les générations 1870-1894, étaient éteintes en date de l'année 2004, année correspondant à la fin de notre période d'observation. Deux décès de centenaires appartenant à ce groupe de générations et survenus en 2006 et 2007 ont également été inclus à l'analyse. Disposant des effectifs de population et des décès par âge, de 100 ans jusqu'à l'âge terminal de 115 ans, nous avons calculé les quotients de mortalité associés à ce groupe de générations, selon la formule suivante :

$${}_a q_x = \frac{d(x, x + a)}{S_x}$$

Dans le cadre du deuxième article, nous avons calculé des tables de mortalité pour les Canadiens français de confession catholique nés et décédés au Québec selon le type de données considérées. Nous avons ainsi construit une table de mortalité correspondant aux données brutes, soit l'ensemble des décès figurant sur la liste nominative fournie par l'Institut de la Statistique du Québec et une table de mortalité associée aux décès de vrais centenaires, lesquels ont été identifiés suite au processus de validation des âges au décès. Nous avons procédé de la sorte en vue de comparer l'impact des mauvaises déclarations d'âges sur les trajectoires de mortalité des centenaires. Il convient de préciser qu'au sein des vrais centenaires, nous retrouvons également ceux dont le décès a été enregistré à 99 ans mais dont la validation a confirmé leur statut de centenaire.

Les résultats de la validation confirment la qualité des données québécoises aux grands âges. Non seulement les erreurs s'avèrent-elle peu nombreuses, mais ces dernières se concentrent à 100 et 101 ans, âges auxquels on retrouve le plus grand nombre de survivants. C'est notamment ce qui explique l'impact mineur de la correction des dates de naissance erronées ou encore, du rejet des faux centenaires sur les trajectoires de mortalité aux grands âges. L'impact des corrections et rejets de certains âges au décès serait également plus appréciable si, pour le calcul des taux de mortalité, nous avions recours aux effectifs de population des recensements et non aux

survivants estimés à partir de la méthode des générations éteintes et des taux de survie. En effet, suivant cette démarche, seul le numérateur ($d(x,x+a)$) serait affecté par la correction des dates de naissance erronées et le rejet des faux centenaires, conduisant à des taux de mortalité moins élevés.

2.5 Analyses de survie

Les analyses de survie menées dans le cadre du troisième article reposent sur l'estimateur non paramétrique de Kaplan Meier. Une des spécificités de ce modèle est qu'il permet d'intégrer à l'analyse des données censurées à droite, c'est-à-dire des données pour lesquelles il nous manque une partie de l'information. Notre étude sur la survie des frères et sœurs des semi-supercentenaires comprend quelques cas censurés. En effet, pour dix d'entre eux, l'acte de décès demeure introuvable mais les informations contenues dans leur acte de mariage ou encore, dans l'acte de décès de leur époux (se) nous permettent d'établir qu'ils ont survécu au-delà de 50 ans. Ces cas ont été intégrés à l'analyse et traités comme des cas censurés à droite.

Nous avons calculé des tables de mortalité à partir de 50 ans pour les frères, sœurs, pères et mères des semi-supercentenaires; cet âge permet d'exclure en bonne partie les décès liés à d'autres causes que celles intrinsèques au vieillissement. Le nombre de survivants à 50 ans est égal à la somme des décès des frères, sœurs, pères ou mères des semi-supercentenaires. Les survivants à l'âge $x+a$ s'obtiennent en soustrayant les décès survenus entre les âges x et $x+a$ aux survivants à l'âge x . Le calcul des probabilités de survie entre les âges x et $x+a$ et entre 50 ans et l'âge x reposent sur les formules suivantes :

$${}_a p_x = 1 - \frac{d(x, x+a)}{Y_x}$$

$${}_a p_{50} = S_x = \prod_{i \leq x} \left(1 - \frac{d(i, i+a)}{Y_i} \right)$$

Où $Y_x \equiv$ les individus ayant survécu jusqu'à l'âge x .

La variance des S_x est obtenue en utilisant la formule suivante :

$$Var(S_x) = S_x^2 * \sum_{i \leq x} \frac{d(i, i + a)}{Y_i(Y_i - d(i, i + a))}$$

Les erreurs standards des probabilités de survie correspondent à la racine carrée de la variance. Les intervalles de confiance des probabilités de survie entre 50 et l'âge x sont obtenus en utilisant :

$$IC_{95\%}(S_x) = S_x \pm 1.96 * S_x \sqrt{\sum_{i \leq x} \frac{d(i, i + a)}{Y_i(Y_i - d(i, i + a))}}$$

Nous avons également calculé des probabilités de survie relatives afin de comparer la survie des frères, sœurs, pères et mères à celles de leurs cohortes de naissance respectives. Les probabilités de survie relatives correspondent à :

$$PSR = \frac{S_x}{S_x^{contrôle}}$$

Les intervalles de confiance à un niveau de 95% pour les probabilités de survie relative valent :

$$IC_{95\%}(PSR) = \frac{1}{S_x^{contrôle}} \left[S_x \pm 1.96 * S_x \sqrt{\sum_{i \leq x} \frac{d(i, i + a)}{Y_i(Y_i - d(i, i + a))}} \right]$$

Les méthodes et sources de données présentées dans le cadre de ce chapitre seront mises de l'avant dans l'un ou l'ensemble des articles qui composent cette thèse. Ainsi, les chapitres 4 et 5 se basent tous deux sur des échantillons de centenaires dont l'âge au décès a été préalablement validé. La méthode des générations éteintes a quant à elle été utilisée dans chacun des trois articles de cette thèse. Cela s'explique notamment par le type de données mises à notre disposition (liste de décès de centenaires) et à la

plus grande précision des quotients de mortalité calculés à partir de cette méthode (estimations de population de la BDLC). Puisque nous connaissons les dates de naissance et de décès au jour près des centenaires ou encore, des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires, des analyses de survie ont été réalisées dans le cadre des études portant sur la mortalité des centenaires (chapitre 4) et sur la composante familiale de la longévité (chapitre 5). Le chapitre suivant constitue le premier article de cette thèse, lequel traite de l'augmentation du nombre de centenaires au Québec au cours du siècle dernier.

Chapitre 3

L'explosion du nombre de centenaires au Québec

Mélissa Beaudry-Godin

Département de démographie

Université de Montréal

(Article soumis pour publication aux *Cahiers québécois de démographie*)

3.1 Introduction

L'augmentation de l'espérance de vie à la naissance, et plus particulièrement la baisse des taux de mortalité aux âges avancés, ont mené à une forte augmentation du nombre et de la proportion de centenaires et à l'atteinte d'âges records au sein des pays à faible mortalité. Jusqu'à ce jour, l'explosion du nombre de centenaires a fait l'objet d'études aux États-Unis (Krach et Velkoff, 1999), en France (Vallin et Meslé, 2001), en Angleterre (Thatcher, 2001), en Belgique (Poulain, Chambre et Foulon, 2001), en Suisse (Robine et Paccaud, 2005), en Italie (Poulain et *al.*, 2004; Robine et *al.*, 2006) et au Japon (Robine et Saito, 2003; Robine, Saito et Jagger, 2003; Poulain et Naito, 2004). De l'ensemble de ces études, on retient notamment la vitesse à laquelle cette population s'est accrue à partir du milieu du 20^e siècle et surtout, ce qu'elle représente aujourd'hui en terme de nombre et de proportion. La baisse de la mortalité aux âges avancés n'ayant point ralenti au cours de ces dernières années, on devrait s'attendre à que ce phénomène prenne de l'ampleur au cours du prochain siècle et que de nouveaux records soient établis dans le domaine de la survie aux grands âges.

Tableau IV
Nombre de centenaires et rapport de féminité des centenaires pour quelques pays sélectionnés, 1^{er} janvier 2007

	Sexe masculin	Sexe féminin	Total	Centenaires pour 10 000 habitants	F/H
États-Unis	8433	45096	53530	1,8	5,3
Japon	4184	25363	29548	2,3	6,1
France	1632	11835	13467	2,2	7,3
Italie	1542	8506	10049	1,7	5,5
Canada	692	3838	4530	1,4	5,5
Angleterre	567	4492	5058	0,9	7,9
Belgique	147	1229	1376	1,3	8,4
Suisse	171	919	1090	1,5	5,4

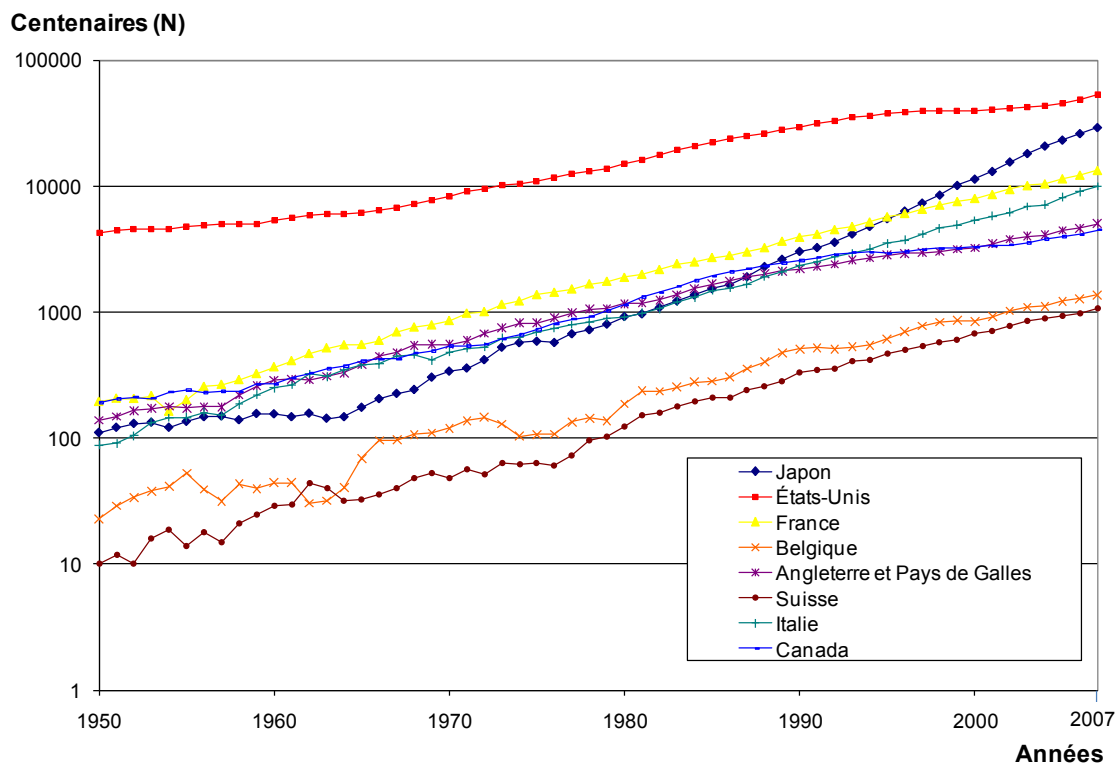
Source : HMD

En date du 1^{er} janvier 2007, ce sont les États-Unis qui présentent le plus grand nombre de centenaires au sein des pays sélectionnés (tableau IV). Cela n'est point

étonnant compte tenu de la taille de cette population. Ces derniers sont suivis par le Japon, lequel est également reconnu pour les valeurs associées à son espérance de vie à la naissance, sa prévalence de centenaires et surtout, pour la vitesse à laquelle s'est produite la croissance de cette population; en l'espace de 38 ans, soit de 1963 à l'an 2000, le nombre de centenaires a été multiplié par 100. De plus, de 1973 à 2000, le temps de doublement des centenaires est passé de 10 à 5 ans, soit la baisse la plus rapide jamais enregistrée (Robine et Saito, 2003). Ces deux pays se détachent nettement du lot avec des effectifs de centenaires qui surpassent largement ceux observés dans les autres pays considérés. En effet, la France et l'Italie suivent de bien loin, avec des populations de centenaires se chiffrant à 1 632 et 1 542 individus respectivement.

Au sein des pays considérés, c'est le Japon qui présente la plus forte proportion de centenaires, celle-ci se chiffrant à 2,3 centenaires pour 10 000 habitants en 2007. Il est cependant suivi de près par la France, laquelle compte 2,2 centenaires pour 10 000 habitants. L'Angleterre arrive bon dernier avec une prévalence de 0,9 centenaire par 10 000 habitants. Les rapports de féminité varient également au sein des pays sélectionnés; alors que l'on dénombre entre 5,3 et 5,5 femmes centenaires pour un homme centenaire aux États-Unis, en Suisse et en Italie, ce rapport s'élève à plus de 8 femmes pour un homme en Belgique.

Figure 12
Évolution des effectifs de centenaires (100 ans et plus), pays sélectionnés, 1950-2007



La vitesse à laquelle s'est accru le nombre de centenaires a également varié d'un pays à l'autre. Alors que les rythmes d'accroissement sont relativement constants en France, en Italie, en Belgique et en Suisse, on constate un certain ralentissement de cet accroissement à partir des années 1990 au Canada, en Angleterre et aux États-Unis (figure 12). Enfin, en ce qui concerne le Japon, la population de centenaires s'y accroît à une vitesse nettement plus rapide depuis les années 60, et la pente de la courbe témoigne même d'une accélération au cours des dix dernières années. Si un tel rythme est maintenu au cours des prochaines décennies, l'écart entre le Japon et les États-Unis devrait vraisemblablement s'amenuiser.

Dans le cadre de cette étude, nous analyserons l'évolution du nombre de centenaires québécois afin de déterminer, entre autres, si le profil québécois s'apparente à celui observé dans les pays à faible mortalité en termes de niveau et tendance. Ce

type d'analyse n'a jamais été entrepris au Québec, ce qui ouvre la voie à une amélioration des connaissances concernant l'émergence des centenaires et la survie aux grands âges.

Au Québec, les données de recensement, les estimations de population de même que les statistiques de l'état de civil nous permettent d'étudier ce phénomène relativement nouveau et en pleine expansion. Ces données n'étant pas parfaites, des hypothèses doivent cependant être posées et des corrections apportées pour que celles-ci s'avèrent représentatives de la réalité. Sur la base d'indicateurs démographiques tels le ratio de centenaires, les probabilités de survie et l'âge maximal moyen au décès, notre étude vise à rendre compte de l'évolution de cette population au fil du siècle dernier de même qu'à mesurer la place qu'elle occupe dans notre société d'aujourd'hui. De plus, au terme de notre analyse, nous serons à même d'identifier les facteurs responsables de l'augmentation du nombre de centenaires et par le fait même de quantifier leur contribution respective.

3.2 Sources et données

3.2.1 Les recensements et l'état civil

Le premier recensement a été réalisé en 1666 par l'intendant Jean-Talon. Jusqu'en 1851, date du premier recensement national, 98 recensements ont été effectués à intervalles plus ou moins réguliers. De 1851 à 1951, les recensements « officiels » ont eu lieu tous les 10 ans pour ensuite être tenus tous les cinq ans, au cours des années se terminant par un ou par six. L'étude de l'évolution du nombre de centenaires à partir des données de recensement se voit compromise par deux problèmes de différente nature. Le premier est associé à la diffusion et au traitement de l'information sur la population formée des personnes âgées de 100 ans et plus. En effet, pour certaines années de recensement, nous ne disposons pas des effectifs de population au-delà de 100 ans, le dernier groupe d'âge disponible étant celui formé des personnes âgées de 95 ans et plus (tableau V). De plus, lorsque ces données sont disponibles (depuis 1971), elles sont arrondies aux multiples de cinq, pour assurer la confidentialité des

répondants. Cette procédure, implantée par Statistique Canada, pose problème dans la mesure où les effectifs de population à partir de 100 ans sont très peu nombreux. En arrondissant les données, on perd de cette précision si importante pour l'étude de la mortalité aux grands âges.

Tableau V
Derniers groupes d'âge disponibles indiquant les effectifs de population dans les recensements du Canada, 1881 à 2006

Année de recensement	Groupe d'âges	
	95+	100+
1881		x
1891	x	
1901	x	
1911		x
1921		x
1931		x
1941	x	
1951	x	
1956	x	
1961	x	
1966	x	
1971		x
1976		x
1981		x
1986		x
1991		x
1996		x
2001		x
2006		x

Source : Martel, S. (2002). Document non publié.

Le deuxième problème majeur afférent aux données de recensement consiste en la qualité de l'information sur les effectifs de centenaires. Dans une étude conduite au Canada sur la qualité des données aux âges avancés, Bourbeau et Lebel (2000) ont démontré que si les données canadiennes sont fiables jusqu'à l'âge de 100 ans, des mauvaises déclarations d'âge se manifestent ensuite, lesquelles mènent à des estimations de la mortalité erronées (Bourbeau et Desjardins, 2000; Bourbeau et Lebel, 2000).

Alors que les recensements nous fournissent de l'information sur l'âge de la population à une date donnée, en l'occurrence la population âgée de 100 ans et plus,

l'état civil nous renseigne sur les événements que sont les naissances, mariages et décès survenus au courant d'une année civile. Contrairement aux recensements, réalisés sur une base ponctuelle, l'état civil consiste en un système d'observation continu. Instauré en 1921 au Canada, il ne l'a été que cinq ans plus tard au Québec. L'enregistrement des naissances, mariages et décès incombe aux provinces et aux territoires ; les données sont par la suite transmises à Statistique Canada, où elles sont rassemblées et standardisées. Toutefois, tel que soulevé par Bourbeau et Desjardins (2001), les méthodes et règles d'enregistrement et de traitement des données peuvent varier d'une province à l'autre, ce qui est susceptible d'introduire un biais dans les données publiées.

L'enregistrement des âges au décès à l'état civil est reconnu de meilleure qualité que les données de population des recensements (Bourbeau et Lebel, 2000; Bourbeau et Desjardins, 2000; Manton et Yashin, 2000). Au fil du siècle dernier, les procédures de vérification des âges au décès se sont perfectionnées et uniformisées. Au Québec, depuis 1986, les données sont soumises à un contrôle systématique consistant à confronter l'âge déclaré au décès avec l'année de naissance de l'individu concerné. Depuis 1992, l'acte de décès est vérifié pour tous les décès enregistrés à plus de 103 ans. Finalement, depuis 1997, l'Institut de la Statistique du Québec réalise des validations encore plus exhaustives avec le numéro d'assurance-maladie et la date de naissance.

Dans le cadre de cette étude, nous avons recours aux décès survenus à partir de 100 ans au Québec et au Canada. Nous avons travaillé avec un fichier de décès transmis par Statistique Canada comprenant le double classement des décès à partir de 1950 ainsi que le dénombrement des décès jusqu'au dernier âge déclaré (données non publiées). Il est possible de consulter les données de l'état civil sur la *Base de données sur la longévité canadienne*, laquelle est disponible en ligne sur internet²⁵. Toutefois, jusqu'en 1950, les décès survenus à partir de 100 ans y sont regroupés sous la bannière des 100 ans et plus, et après cette date, le groupe d'âge ouvert devient les 110 ans et

²⁵ <http://www.bdlc.umontreal.ca/bdlc/index.htm>

plus. Le double classement des décès y est également disponible pour toute la période, quoiqu'avant 1950, il s'agit d'estimations obtenues en répartissant de manière uniforme les décès par âge au sein des générations concernées.

3.2.2 Populations reconstituées

Plusieurs méthodes ont été proposées afin de pallier le problème des mauvaises déclarations aux grands âges dans les recensements, dont celle des générations éteintes et des taux de survie. Cette méthode nous permet d'estimer les effectifs de population au 1^{er} janvier de chaque année de même que les survivants d'une génération à l'âge exact x . Elle a entre autres été retenue pour la construction des tables de mortalité de la *Human Mortality Database*²⁶, de la *Kannisto-Thatcher Database*²⁷ et de la *Base de données sur la longévité canadienne*. Le principe de base de la méthode des générations éteintes est, qu'en population fermée, la taille de la population d'une génération à l'âge x est égale à la somme des décès à partir de cet âge jusqu'à l'extinction complète de cette génération. Cette méthode, développée par Vincent (1951), n'est applicable que pour des groupes d'âges où les mouvements migratoires sont négligeables, tels que les populations âgées de plus de 80 ans. Une génération est considérée éteinte lorsqu'elle a atteint l'âge maximal au-delà duquel la probabilité qu'il y ait un décès est virtuellement nulle. Cette méthode permet d'estimer les effectifs de population des générations éteintes, c'est-à-dire celles qui ont atteint l'âge maximal à la dernière année d'observation. Pour les générations subséquentes, la méthode des taux de survie doit être appliquée. Cette dernière suppose que les décès par âge d'une génération X se répartissent de la même façon que ceux des 5 ou 10 générations antérieures.

3.2.3 Confrontation des données

Une façon simple et rapide de juger de la qualité des données officielles de population consiste à confronter les données de recensement aux estimations de

²⁶ Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.mortality.org/>

²⁷ Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.demogr.mpg.de/databases/ktdb/>

population diffusées sur la BDLC²⁸ (basées sur la méthode des générations éteintes et des taux de survie). Afin de faciliter la comparaison avec les données de recensement nous avons décidé de présenter les estimations de population de la BDLC au 1^{er} juillet de chaque année (tableau VI). Les résultats pour le groupe d'âge formé des 90 ans et plus figurent à l'Annexe I²⁹. Soulignons qu'à partir de 1971, les données de recensement ont été corrigées pour le sous-dénombrement de la population. Ainsi, les estimations de Statistique Canada (2^e colonne) rendent compte des effectifs de nonagénaires corrigés. Pour l'ensemble de la période, cette correction se situe autour de 1% autant chez les hommes que chez les femmes.

Bien qu'il existe des différences parfois importantes entre les effectifs de population âgés de plus de 90 ans selon les sources considérées, elles n'arrivent en rien à la hauteur de celles observées chez le groupe des centenaires (tableau VI). Alors que l'écart maximal se chiffrait à 21% et 15% chez les hommes et les femmes respectivement, il passe maintenant à 94% et 86% pour le recensement de 1976. En excluant cette année manifestement problématique, les effectifs de recensement surestiment les effectifs reconstitués de 3,7% (2006) à 78% (1971) chez les hommes et de 3% (2001) à 66,7% (1941) chez les femmes. Des erreurs d'échantillonnage, de saisie de données de même que la surestimation des âges déclarés sont au nombre des raisons pouvant rendre compte de tels écarts. On constate cependant que ces derniers se sont considérablement réduits depuis le début des années 1990.

²⁸ *Base de données sur la longévité canadienne*

²⁹ Voir p. xiii.

Tableau VI
 Comparaison des effectifs de population à 100 ans et plus selon
 deux sources de données, Québec

Années	SEXE MASCULIN		SEXE FÉMININ	
	Données de recensement	Estimations de la BDLC ¹	Données de recensement	Estimations de la BDLC ¹
1881	22		34	
1891	16		17	
1901	13		19	
1911	8		13	
1921	11	5	18	9
1931	8	3	14	10
1941	13	4	23	8
1951	19	6	35	29
1956	22	9	40	23
1961	26	15	47	28
1966	28	16	61	43
1971	65	14	125	52
1976	510	31	560	74
1981	110	47	260	131
1986	130	82	310	220
1991	150	80	485	353
1996	110	105	500	510
2001	120	103	645	609
2006	135	115	865	830

¹ Estimations au 1^{er} juillet et basées sur la méthode des générations éteintes et la méthode des taux de survie

En gras : données obtenues en appliquant un ratio moyen de la population âgée de 100 ans et plus sur la population âgée de 95 ans et plus (100+/95+)

La comparaison des données de recensement aux estimations de population basées sur la méthode des générations éteintes a clairement mis en évidence la qualité déficiente des données de recensement concernant la population âgée de 100 ans et plus. Pour assurer une plus grande précision et fiabilité aux indicateurs présentés dans le cadre de cette étude, ces derniers seront calculés à partir des estimations de population basées sur la méthode des générations éteintes et des taux de survie diffusées sur la BDLC.

3.3 Choix d'un indicateur de longévité

Un des objectifs de cette étude est de comparer la survie aux grands âges au Québec à celle observée dans d'autres pays à faible mortalité. Considérant que la taille de la population varie grandement d'un pays à l'autre, la comparaison des profils de mortalité aux grands âges ne peut reposer sur le nombre observé de centenaires ou encore, sur le nombre de décès de centenaires enregistrés. La comparaison doit s'appuyer sur un indicateur de la longévité qui n'est pas influencé par la taille des populations. L'espérance de vie, la prévalence de centenaires, l'indice de longévité extrême, le ratio de centenaires pour 10 000 naissances et le ratio de centenaires pour 10 000 personnes à 60 ans constituent les indicateurs les plus couramment utilisés pour des analyses comparatives de la survie aux grands âges.

L'espérance de vie et la prévalence des centenaires, quoique largement exploitées dans la littérature, ne devraient pas être privilégiées pour ce type d'analyse. En raison des faibles effectifs en présence, les valeurs associées aux espérances de vie à 100 ans souffrent d'imprécision. De plus, l'espérance de vie n'est pas une mesure réelle du nombre moyen d'années qu'un individu peut espérer vivre puisque son calcul repose sur l'hypothèse que les taux de mortalité aux différents âges demeurent inchangés au fil du temps. Cet indicateur ne parvient pas non plus à saisir les conditions réelles de mortalité qui ont affecté les nombreuses cohortes qui le composent. La prévalence de centenaires, qui rapporte le nombre de centenaires à la population totale, est quant à elle grandement influencée par les migrations et les divers phénomènes ou événements ayant pu affecter sa structure par âge. Ainsi, il ne s'agit pas d'un indicateur approprié pour la comparaison internationale.

Le ratio de centenaires pour 10 000 personnes à la naissance a été utilisé dans le cadre de plusieurs études sur les centenaires (Poulain, Chambre et Foulon, 2001; Robine, Saito et Jagger, 2003; Robine et Saito, 2003; Robine et Paccaud, 2005; Robine *et al.*, 2006). Cet indice est obtenu en divisant le nombre de personnes âgées de 100 ans à une date donnée (au 1^{er} janvier par exemple) par le nombre de naissances qui se sont

produites entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre, un siècle auparavant. En termes mathématiques :

$$RC_{[0]} = \frac{P^{01/01/y}}{N^{y-100}}$$

Le problème majeur associé à cet indice est qu'en raison des flux migratoires, les effectifs associés aux numérateurs et dénominateurs ne proviennent pas des mêmes populations. D'une part, cet indice surestime la prévalence des centenaires car la population au numérateur comprend des individus nés en dehors de la population étudiée. D'autre part, il sous-estime la prévalence des centenaires en ne considérant pas les centenaires qui sont nés au sein de la population étudiée mais qui ont émigré et célébré leur 100^e anniversaire à l'extérieur du territoire considéré. L'indice de longévité extrême (ILE), proposé par Poulain et *al.* (2004), est une version améliorée du ratio de centenaires pour 10 000 personnes à la naissance. Ce dernier rapporte le nombre de survivants à 100 ans au sein d'une génération donnée à l'effectif des naissances de cette même génération. En termes mathématiques :

$$ILE = \frac{S_{100}}{S_0} * 100$$

Où S_{100} = Survivants à 100 ans

Et S_0 = Survivants à 0 an (effectif des naissances)

Tel que souligné par les auteurs, cet indice ne souffre d'aucune surestimation, puisqu'il ne considère que les individus nés sur le territoire étudié. De plus, si leur existence est connue, il intègre au calcul les centenaires nés au sein de la génération considérée qui auraient émigré et atteint l'âge de 100 ans à l'extérieur du pays. À titre d'exemple, Poulain et Naito (2004) ont été en mesure de retracer des centenaires originaires d'Okinawa et décédés à Hawaï appartenant aux générations étudiées; ils les ont donc inclus dans le calcul de l'indice de longévité. Dans le contexte québécois, le

recours à cet indice se voit toutefois compromis par deux problèmes de nature bien différente. Le premier inconvénient a trait au type de données dont nous disposons. Non seulement n'avons-nous aucune information précise sur le nombre de naissances survenues au Québec à la fin du 19^e, mais il nous est difficile d'identifier les immigrants au sein de la population de centenaires. Nous pourrions, bien entendu, procéder à des estimations du nombre de naissances et d'immigrants³⁰ mais cela nuirait considérablement au niveau de fiabilité et à la comparabilité des indices de longévité extrême. Le deuxième problème se pose lorsque cet indicateur est utilisé à des fins de comparaison internationale. En effet, en comparant les pays sur la base des probabilités de survie de la naissance à 100 ans, on confronte des cohortes qui n'ont pas connu le même régime de mortalité. Les guerres et les épidémies sont au nombre des facteurs perturbateurs ayant eu un impact sur les taux de mortalité infantile et adulte, et conséquemment, sur le nombre de centenaires observés.

Le ratio de centenaires pour 10 000 personnes à 60 ans, quarante ans auparavant, (Robine et Paccaud, 2005; Robine et *al.*, 2006) constitue une avenue intéressante pour l'étude de la survie aux grands âges. Un tel indicateur permet non seulement d'écarter les perturbations liées aux mouvements migratoires, mais également celles associées à la mortalité infantile, tout en conservant l'essentiel de la mortalité adulte. Cet indicateur repose sur l'hypothèse que « le nombre de centenaires dans un pays dépend essentiellement du nombre d'individus âgés de 60 ans, quarante ans plus tôt, et des trajectoires de mortalité après cet âge³¹ ».

$$RC_{[60]} = \frac{P(100)^t}{P(60)^{t-40}} * 10\ 000$$

Le recours à un tel indicateur est particulièrement pertinent dans le contexte migratoire québécois des 19^e et 20^e siècles. En effet, si l'on se fie aux estimations de Lavoie (1972), qu'elle qualifie elle-même de conservatrices, 1 550 000 Canadiens dont

³⁰ Voir à ce sujet les pages 68-69.

³¹ Robine, J.-M. et Paccaud, F. 2004. «La démographie des nonagénaires et des centenaires en Suisse », *Les cahiers québécois de démographie*, 33(1), p.63

510 000 Québécois ont franchi la frontière américaine au cours de la période 1860-1900. Cela correspond à un taux d'émigration annuel moyen de l'ordre de 10,3%. À cette émigration massive des Québécois vers les États-Unis a suivi un rapatriement de certains d'entre eux mais surtout, le début d'une immigration internationale importante vers le Québec. En rapportant les effectifs de population à 100 ans aux effectifs de population à 60 ans, on parvient à réduire considérablement l'impact de l'ensemble des mouvements migratoires ayant pu affecter la population considérée au dénominateur.

Ce ratio de centenaires a été proposé par Caselli et ses collègues (à paraître) pour comparer la distribution des centenaires de certaines régions de l'Italie. Le choix du dénominateur reposait essentiellement sur le type de migrations associé aux cohortes italiennes de la fin du 19^e siècle. Ainsi, les générations 1870-1890 ont été particulièrement touchées par les migrations de travail, lesquelles se produisent généralement avant l'âge de 60 ans. De plus, tel que souligné par les auteurs, les migrations de retour étaient exceptionnelles après cet âge, la majorité d'entre elles survenant peu après la période d'émigration (Robine *et al.*, 2006).

Dans le cadre de cet article, nous nous intéressons à la survie aux grands âges des générations 1860-1905, lesquelles ont atteint l'âge de 60 ans entre 1920 et 1965 et l'âge de 100 ans entre 1960 et 2005. Si les migrations sont généralement reconnues comme étant négligeables à partir de 80 ans, il convient ici de s'attarder à la prévalence des migrations entre 60 et 80 ans au Québec. Selon les statistiques de l'immigration³² et le recensement de 2006³³, la proportion d'immigrants âgés de plus de 60 ans admis en sol québécois se chiffrait à 0,31% avant 1961 et à 1,6% pour la période s'échelonnant de 1966 à 1975. En ce qui concerne les Québécois qui auraient quitté le territoire après l'âge de 60 ans, Yolande Lavoie (1972) estime que plus de 98,5% des émigrants de la période 1900-1930 avaient moins de 50 ans. De plus, tel que soulevé par Desrosiers, Gregory et Piché (1976), les Québécois de cette époque émigraient principalement pour

³² *Statistiques de l'immigration*, Ministère de la Main-d'oeuvre et de l'Immigration, Division de l'Immigration du Canada, Ottawa, 1966 à 1996.

³³ Statistique Canada, *Recensement de la population de 2006*, Produit n° 97-557-XCB2006023 au catalogue de Statistique Canada.

des raisons économiques. L'ensemble de ces éléments nous incitent à croire que les mouvements migratoires au-delà de 60 ans au Québec étaient plutôt rares avant le milieu des années 1970, date à laquelle les générations étudiées sont soit éteintes ou très âgées.

Par souci de comparaison internationale et considérant la nature des données utilisées de même que le profil migratoire prévalant durant la première moitié du 20^e siècle, la mesure de la longévité des Québécois reposera sur le ratio de centenaires pour 10 000 personnes à 60 ans. En admettant la faible prévalence des migrations au-delà de 60 ans, on suppose que les populations considérées au numérateur et au dénominateur sont relativement les mêmes. Autrement dit, on suppose que les flux migratoires entre 60 et 100 ans sont négligeables. Toutefois, il convient de préciser que les effectifs de population au 1^{er} janvier de chaque année comportent des immigrants, lesquels pourraient avoir un impact sur les ratios de centenaires calculés. En effet, de plus faibles ratios pourraient notamment être expliqués par « l'effet des immigrants en bonne santé ». Toutefois, tel que souligné par Bourbeau (2002), le poids de ces immigrants aux âges avancés n'est pas assez important pour rendre compte de l'avantage de survie des Québécois. On peut donc affirmer que de plus faibles ratios de centenaires témoigneraient d'un réel avantage de survie aux grands âges des Québécois.

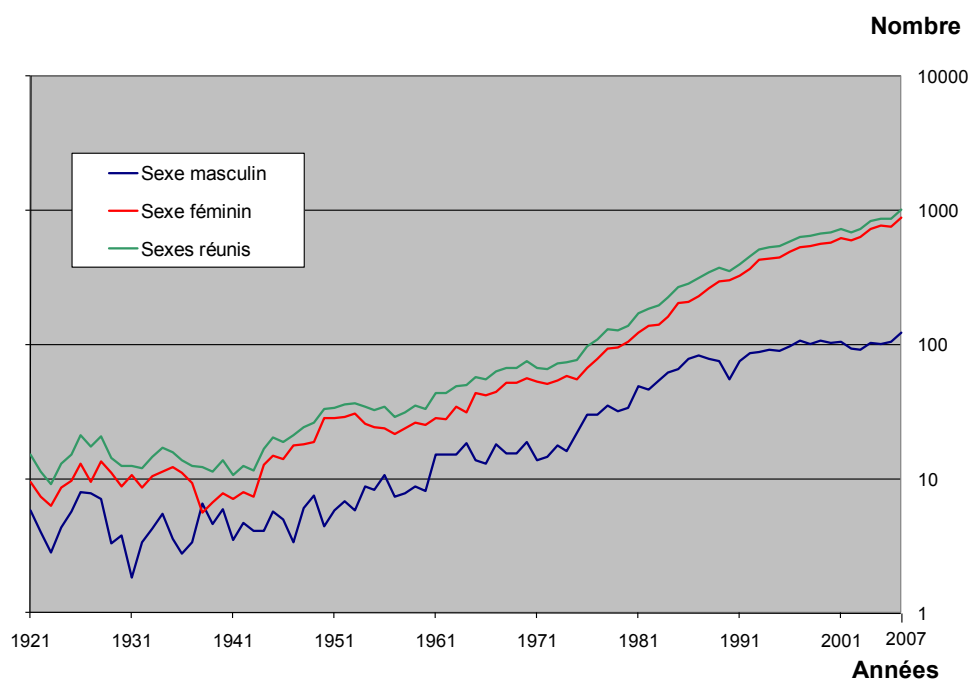
3.4 Résultats

3.4.1 L'évolution du nombre de centenaires au Québec

L'évolution du nombre de centenaires au Québec pour la période 1921-2007 est illustrée à la figure 13. Les effectifs de centenaires se rapportent ici au 1^{er} janvier de chaque année. Le nombre de centenaires a peu augmenté au cours des deux premières décennies sous observation et ce, autant chez les hommes que chez les femmes. La population âgée de 100 ans et plus se chiffre à 15 individus à peine au début des années 1920. Il faudra attendre 30 ans pour que cette dernière ait doublé en nombre. Toutefois, à partir des années 1950, et particulièrement à l'aube des années 1970, l'accroissement de cette population se fait à un rythme quasi-exponentiel; en l'espace de

30 ans, soit de 1971 à 1991, elle se voit sextuplée, passant de 66 à 399 individus. Finalement, au 1^{er} janvier 2007, les effectifs de centenaires se chiffrent à 1 012 individus. La population âgée de 100 ans et plus a toujours compté plus de femmes que d'hommes. En 1921, les femmes représentaient les deux-tiers des centenaires alors qu'en 2007, cette proportion se chiffre à près de 90%. Ainsi, au cours du 20^e siècle, le taux d'accroissement du nombre de centenaires a été plus élevé chez les femmes que chez les hommes. Jusqu'au milieu des années 1990, on constate un décalage d'une vingtaine d'années entre les deux courbes, le cap des 10 et 100 centenaires ayant été atteint 20 ans plus tard chez les hommes que chez les femmes. Depuis le début des années 1990, les effectifs d'hommes centenaires semblent vouloir se stabiliser autour d'une centaine d'individus. Pour l'ensemble de la période d'observation, les populations féminines et masculines ont respectivement été multipliées par 94 et 21.

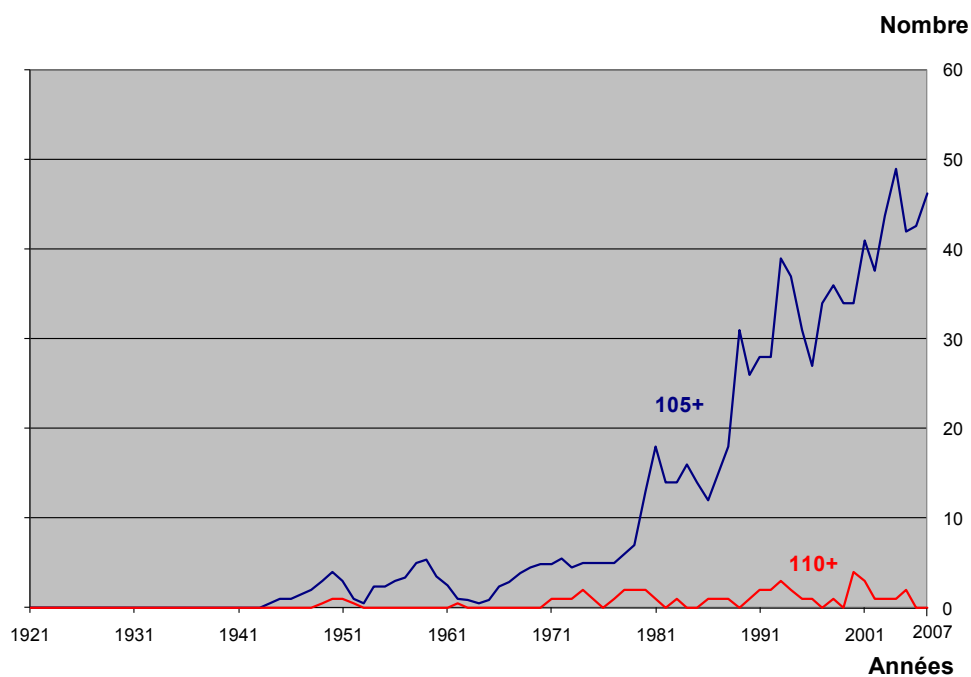
Figure 13
Évolution des effectifs de centenaires (100 ans et plus)* selon le sexe, Québec, 1921-2007



Source : BDLC
* Effectifs au 1^{er} janvier

Le dernier siècle a non seulement été témoin de l'explosion du nombre de centenaires au Québec mais également de l'apparition et de l'accroissement du nombre de semi-supercentenaires (personnes qui atteignent l'âge de 105 ans) et de supercentenaires (celles qui atteignent l'âge de 110 ans). Les premiers semi-supercentenaires sont observés au milieu des années 1940 (figure 14). Le nombre de semi-supercentenaires est relativement stable au cours des décennies suivantes, oscillant autour de 5 individus jusqu'à la fin des années 1970. À partir de cette date, on dénote une cassure dans le rythme d'accroissement de cette population. En effet, en l'espace de 25 ans, cette population se voit multipliée par 7, pour finalement se chiffrer à 46 individus en 2007. Bien entendu, le nombre de supercentenaires est très faible tout au long de la période d'observation. Sur la base des estimations de population de la BDLC, le cap des 110 ans aurait été franchi pour la première fois dans les années 1950. Bien qu'aucune augmentation ne puisse être dégagée des statistiques analysées, leur présence se fait moins exceptionnelle à partir des années 1990.

Figure 14
Évolution des effectifs de semi-supercentenaires et de supercentenaires,
Québec, 1921-2007



Source : BDLC

3.4.2 Ratio des centenaires

De 1961 à 2006, le ratio des hommes centenaires est passé de 11,6 à 27,6 pour 10 000 personnes à 60 ans, quarante ans auparavant (tableau VII). Il s'agit d'une bien faible augmentation considérant que le ratio des femmes centenaires a été multiplié par 8 en l'espace de 45 ans. Ainsi, en 2006, on dénombre 156 femmes à 100 ans pour 10 000 femmes âgées de 60 ans quarante années plus tôt. Ces résultats sont cohérents avec les probabilités de survie de 60 à 100 ans calculées à partir des *Nouvelles tables de mortalité par génération au Canada et au Québec, 1801-1991* (Bourbeau, Légaré et Émond, 1997).

Tableau VII
Ratio de centenaires pour 10 000 personnes à 60 ans, quarante ans plus tôt, Québec

Années	Sexe masculin	Sexe féminin	Sexes réunis
1961	11,6	19,4	15,5
1971	6,3	29	17,4
1981	21,5	55,4	37,9
1991	29,4	104,7	66,6
2001	31,7	148,2	90,8
2006	27,6	155,7	93,1

Source : BDLC

L'objectif étant de comparer le profil de survie aux grands âges des Québécois à celui observé dans d'autres pays à faible mortalité, nous avons estimé le ratio de centenaires pour huit pays, dont le Canada, à partir des effectifs de population diffusés sur la BDLC et la HMD³⁴.

³⁴ *Human Mortality Database*

Tableau VIII
 Comparaison du ratio de centenaires (RC_{60}) pour quelques pays sélectionnés

Années	Sexes réunis								
	Japon	Canada	États-Unis	France	Québec	Italie	Suisse	Angleterre	Belgique
1961		24,0		5,4	15,5	3,9	3,1	8*	3,7
1971		34,0		11,4	17,4	7,7	7,3	14,7	9,3
1981		62,8	59,8	22,6	37,9	13,5	19,9	21,6	13,8
1991	29,2	99,4	91,3	43,4	66,6	28,2	35,9	34,6	25,6
2001	83,3	105,7	105,0	71,8	90,8	51,6	57,9	49,2	38,3
2006	154,2	116,7	111,5	95,7	93,1	72,6	70,6	56,7	52,0

*Effectifs de population à 60 ans de 1922

Sources : HMD et BDLC

Le ratio de centenaires a connu un accroissement dans tous les pays considérés. Toutefois, pour l'ensemble de la période, c'est en France qu'il a été le plus marqué, le ratio ayant été multiplié par près de 23 en l'espace de 40 ans. Bien que la France ait connu la plus forte augmentation au fil des ans, c'est au Japon, au Canada et aux États-Unis où l'on retrouve les ratios de centenaires les plus élevés. En ce qui concerne le Canada et les États-Unis, la mauvaise qualité des données aux grands âges pourrait en partie expliquer les résultats obtenus.

Jusqu'en 2001, le ratio de centenaires québécois se situait largement au-dessus de celui observé dans les pays européens. Toutefois, en 2006, il se classe tout juste derrière la France, avec un ratio se chiffrant à 93 centenaires pour 10 000 personnes à 60 ans, quarante années auparavant. Tel que nous le verrons dans le prochain chapitre, la qualité des données ne peut être tenue responsable pour la réduction de l'écart entre l'indice du Québec et celui des pays européens. Malgré cette convergence, la population québécoise présente toujours un profil de survie avantageux comparativement à la majorité des pays européens.

3.4.3 Facteurs responsables de l'augmentation du nombre de centenaires

L'accroissement du nombre de centenaires au fil des générations peut être attribuable à trois principaux facteurs que sont l'augmentation de la taille des cohortes de naissance, les mouvements migratoires et l'augmentation de la probabilité de survie de la naissance à 100 ans (Vaupel et Jeune, 1995; Thatcher, 2001; Robine et Paccaud,

2005). Afin d'isoler l'impact de l'amélioration des probabilités de survie aux grands âges sur l'accroissement du nombre de centenaires, nous avons distingué la probabilité de survie de la naissance à 80 ans de la probabilité de survie de 80 à 100 ans. Considérant la nature des données exploitées, nous avons dû estimer et exclure les immigrants de l'analyse³⁵, minimisant par le fait même l'impact des mouvements migratoires sur le nombre de centenaires observé. Ainsi, dans le cadre de cette étude, l'accroissement du nombre de centenaires se trouve-t-il décomposé en trois facteurs, soit l'augmentation de la taille des cohortes de naissance, l'augmentation de la probabilité de survie de la naissance à 80 ans et l'augmentation de la probabilité de survie de 80 à 100 ans. Nous avons étudié l'apport respectif de ces trois facteurs à l'accroissement du nombre de centenaires pour les générations 1871 à 1901.

3.4.3.1 L'augmentation de la taille des cohortes

Les effectifs de naissance par sexe ont été tirés des recensements pour les générations 1871 et 1881. Pour les naissances de la cohorte 1901, nous avons plutôt utilisé l'estimation proposée par l'Institut de la Statistique du Québec. Finalement, nous avons estimé les naissances de la génération 1891 en procédant à une interpolation linéaire entre les années 1881 et 1901. Ainsi, de 1871 à 1901, les effectifs de naissance se sont accrus de 34,3% chez les hommes (de 23 741 à 31 882 naissances), et de 35% chez les femmes (de 22 490 à 30 363 naissances). Il convient de préciser que ces estimations se rapportent aux naissances survenues sur le territoire québécois.

3.4.3.2 L'augmentation de la probabilité de survie de la naissance à 80 ans

Nous avons calculé les probabilités de survie de la naissance à 80 ans en utilisant les survivants à l'âge exact de 80 ans. Ces derniers ont été obtenus en cumulant les effectifs de population à 80 ans d'une année x (effectifs au 1^{er} janvier)³⁶ aux décès survenus à 80 ans dans le triangle inférieur de l'année $x-1$. À titre d'exemple, les survivants à 80 ans de la génération 1871 correspondent aux effectifs de population à 80 ans au 1^{er} janvier 1952 auxquels ont été ajoutés les décès de cette génération

³⁵ Voir à ce sujet la section 3.4.3.2.

³⁶ Ces estimations de population au 1^{er} janvier diffusées sur la BDLC sont basées sur la méthode des générations éteintes.

survenus à 80 ans en 1951. Les survivants à 80 ans ont par la suite été corrigés afin d'exclure les immigrants de l'analyse. Une telle démarche s'imposait pour que les effectifs de naissance et les survivants à 80 ans (et 100 ans) se rapportent aux mêmes populations. Grâce à une liste nominative de décès de centenaires transmise par l'Institut de la Statistique du Québec pour les années 1970 à 2005, nous avons pu identifier les centenaires nés à l'extérieur du Québec et ainsi estimer la proportion d'immigrants au sein des générations sous étude³⁷. Il convient de mentionner que la qualité de cette information a grandement varié au cours de cette période. Ainsi, pour les années 1970-1985, cette information doit être interprétée avec davantage de précaution, les données manquantes et erronées s'y retrouvant en plus grande proportion. Malgré leurs imperfections, ces données nous ont toutefois permis de procéder à une estimation satisfaisante de la proportion d'immigrants au sein de notre population de centenaires. Pour la génération 1881, 17,6% des décès masculins et 20,4% des décès féminins concernent des individus nés à l'extérieur du Québec; ces proportions grimpent à 33,3% et 30,7% pour la génération 1891. La génération 1901 n'étant pas éteinte en date de l'année 2005, nous avons basé notre calcul sur les décès de cette génération survenus entre 2001 et 2005 inclusivement. Ainsi, 30,4% des décès masculins se rapportent à des individus nés à l'extérieur du Québec comparativement à 19,9% chez les femmes. En ce qui concerne la génération 1871, le calcul était hasardeux considérant la proportion d'informations manquantes. Nous avons donc utilisé les valeurs obtenues pour la génération 1881, soit 17,6% et 20,4% de décès d'immigrants chez les hommes et les femmes respectivement. Finalement, en supposant une immigration négligeable entre 80 et 100 ans, nous avons appliqué ces proportions aux survivants à 80 ans, lesquels nous ont permis de calculer les probabilités de survie de la naissance à 80 ans. Bien entendu, nous sommes conscients qu'au sein des individus nés au Québec, un certain nombre d'entre eux ont émigré et ne sont donc pas comptabilisés dans les statistiques de décès de l'état civil. Ne disposant d'aucune information à ce sujet, il nous a été impossible d'ajuster les données en conséquence. Les probabilités de survie ainsi calculées risquent donc d'être légèrement sous-estimées.

³⁷ La liste de décès comprend notamment de l'information sur le lieu de naissance du centenaire.

De 1871 à 1901, la probabilité de survie de la naissance à 80 ans chez les hommes nés au Québec est passée de 0,09 à 0,12, soit une augmentation de l'ordre de 26%. Du côté des femmes, les progrès sont encore plus impressionnants, la probabilité de survie de 0 à 80 ans ayant plus que doublé au cours des 30 années couvertes (0,11 à 0,24).

3.4.3.3 L'augmentation de la probabilité de survie de 80 à 100 ans

Les survivants à 100 ans ont également été obtenus en cumulant les estimations de population au 1^{er} janvier diffusées sur la BDLC aux décès des générations correspondantes. Nous avons ensuite ajusté les effectifs pour ne retenir que les survivants nés au Québec. Le taux d'accroissement des probabilités de survie de 80 à 100 ans est largement supérieur aux valeurs associées aux probabilités de survie de la naissance à 80 ans. En effet, cette probabilité s'est vue triplée et presque quadruplée en l'espace de 30 ans, chez les hommes et les femmes respectivement.

Tableau IX
Décomposition des facteurs responsables de l'augmentation du nombre de centenaires, Québec, générations 1871-1901

Facteurs d'augmentation	Effectif (Sx)			Probabilité de survie	
	0 an	80 ans	100 ans	${}_{80}P_0$	${}_{20}P_{80}$
SEXE MASCULIN					
Cohorte de 1871	23741	2282	8	0,09612	0,0035
Cohorte de 1901	31882	3865	42	0,12123	0,0109
Coefficient d'accroissement	1,34	1,69	5,25	1,26	3,10
SEXE FÉMININ					
Cohorte de 1871	22490	2511	20	0,11165	0,0080
Cohorte de 1901	30363	7264	213	0,23924	0,0293
Coefficient d'accroissement	1,35	2,89	10,65	2,14	3,68
SEXES RÉUNIS					
Cohorte de 1871	46231	4793	28	0,1037	0,0058
Cohorte de 1901	62245	11129	255	0,1788	0,0229
Coefficient d'accroissement	1,35	2,32	9,11	1,72	3,92

Source : BDLC et Recensements

Note : Données arrondies

Le tableau IX rend compte de la contribution respective de chacun des facteurs susmentionnés à l'augmentation du nombre de centenaires. On constate que le nombre d'hommes centenaires a été multiplié par 5,25 et celui des femmes par 10,65 de 1971 à 2001. Chez les hommes, cette augmentation est due à l'augmentation de la taille des cohortes de naissance par un facteur de 1,34, à l'augmentation de la probabilité de survie de la naissance à 80 ans par un facteur de 1,26 et à l'augmentation de la probabilité de survie de 80 à 100 ans par un facteur de 3,10. Chez les femmes, les coefficients multiplicateurs se chiffrent respectivement à 1,35, 2,14 et 3,68. Ainsi, l'accroissement des effectifs de centenaires québécois est principalement attribuable à l'augmentation de la probabilité de survie aux grands âges et ce, autant chez les femmes que chez les hommes. Chez ces derniers, on constate que l'augmentation de la taille des cohortes est le deuxième facteur en importance alors que chez les femmes, il arrive bon dernier.

Nous avons procédé à la décomposition des facteurs responsables de l'augmentation du nombre de centenaires pour chacune des décennies à l'étude³⁸. On constate que la contribution de chacun des facteurs à l'accroissement des effectifs de personnes qui atteindront l'âge de 100 ans varie grandement d'une décennie à l'autre. À titre d'exemple, les années 1990 se distinguent par une faible contribution de la probabilité de survie de 80 à 100 ans à l'augmentation des effectifs de centenaires.

Jusqu'à présent, nous nous sommes intéressés aux indicateurs pouvant témoigner de la longévité des populations. Il s'avère toutefois pertinent de pousser l'analyse au niveau individuel, en recourant à l'âge maximal enregistré au décès, lequel permet également de juger des progrès réalisés en matière de survie aux grands âges.

3.4.4 L'âge maximal au décès

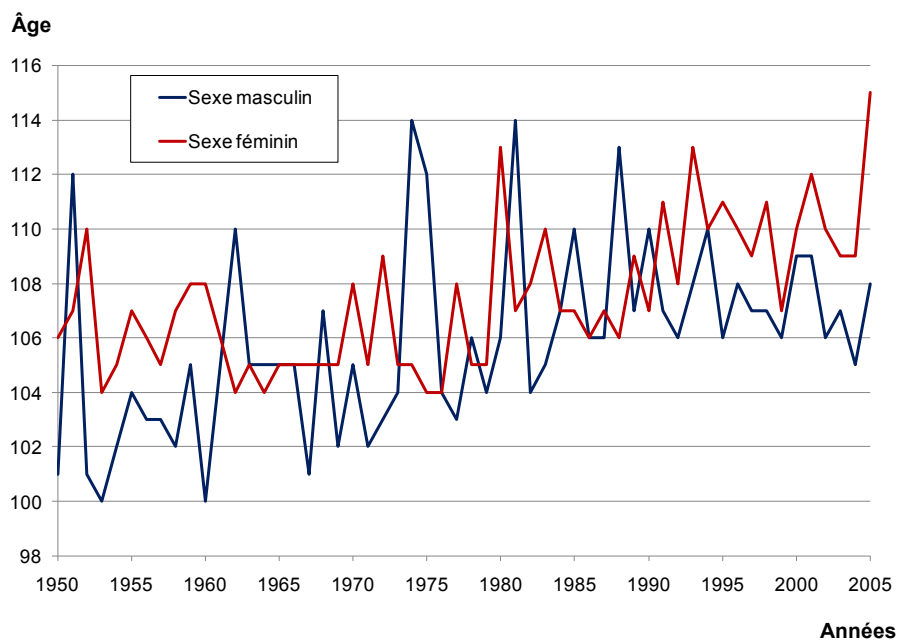
Au Québec, il s'avère difficile de dégager une tendance à la hausse sur la base de l'âge maximal au décès en raison des fortes fluctuations annuelles (figure 15). Au plus, il nous permet d'identifier les supercentenaires, et par le fait même, de juger de la

³⁸ Résultats présentés à l'Annexe II, p. xiv.

qualité des données aux grands âges. L'âge maximal moyen au décès, calculé sur la base des quatre âges au décès les plus élevés, est un indicateur plus représentatif de l'évolution de l'âge maximal au décès au cours de la deuxième moitié du 20^e siècle (figure 16). Au Québec, l'augmentation de l'âge maximal moyen au décès a été aussi importante chez les hommes que chez les femmes. Chez ces dernières, l'âge maximal moyen au décès se chiffre au-delà de 106 ans à partir des années 1980; chez les hommes, il faudra attendre les années 2000 pour que cette tendance s'impose. Dans l'ensemble, on constate une différence de deux ans entre l'âge maximal et l'âge maximal moyen au décès.

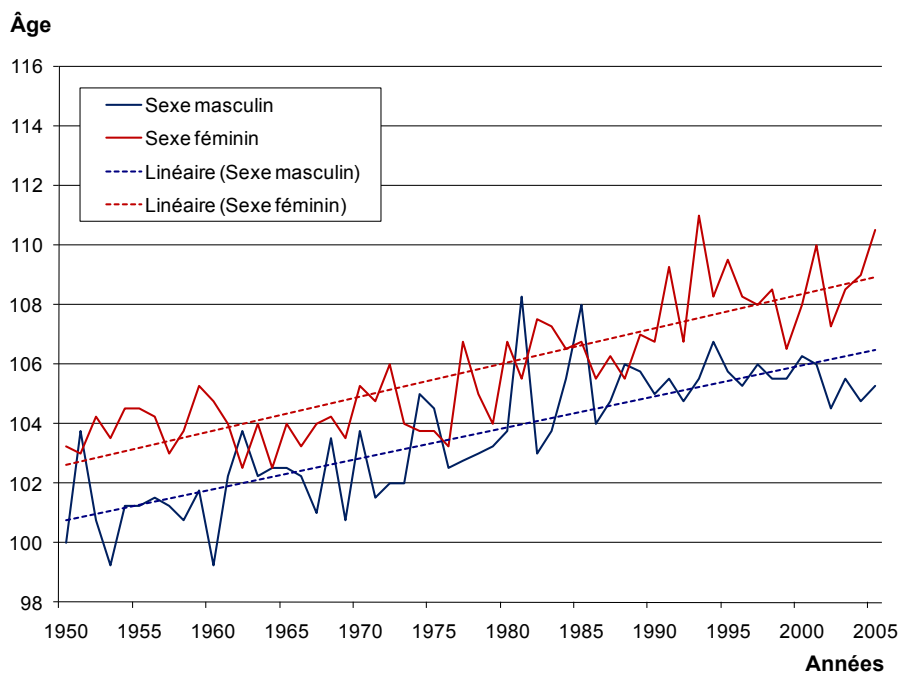
L'évolution et les valeurs de l'âge maximal au décès enregistré au Québec depuis le début des années 1950 se comparent à celles observées notamment au Japon (Robine et Saito, 2003) et en Suisse (Robine et Paccaud, 2005). Robine et Saito (2003) ont étudié l'évolution de l'âge maximal au décès et du dixième âge maximal au décès afin d'éliminer les perturbations liées aux mauvaises déclarations d'âge. Au cours de la deuxième moitié du 20^e siècle, le dixième âge maximal au décès est passé de 100 à 107 ans chez les hommes, et de 102 à 110 ans chez les femmes. L'écart entre l'âge maximal au décès et le dixième âge maximal au décès se chiffre à trois et quatre ans chez les hommes et les femmes respectivement. Plutôt que d'analyser l'évolution de l'âge maximal moyen, ou encore, du dixième âge maximal au décès, Robine et Paccaud (2005) ont procédé à un ajustement quadratique des valeurs associées à l'âge maximal au décès afin d'en dégager des tendances claires. Ainsi, entre 1950 et 2001, l'âge maximal au décès « ajusté » est passé de 101 à 107 ans chez les hommes et de 102 à 109 ans chez les femmes. Tel qu'observé au Québec, l'âge maximal au décès au Japon et en Suisse s'est accru de manière constante au cours de la deuxième moitié du 20^e siècle.

Figure 15
Évolution de l'âge maximal au décès, Québec, 1950-2005



Source : BDLC

Figure 16
Évolution de l'âge maximal moyen au décès, Québec, 1950-2005



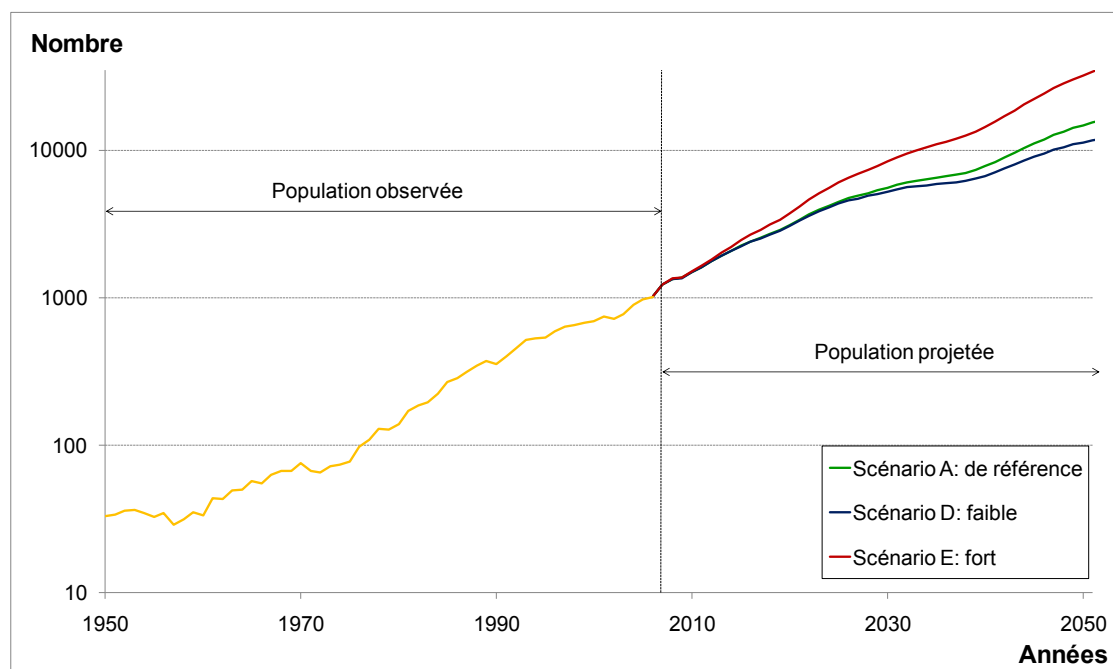
Source : BDLC

3.4.5 Population projetée de centenaires

En se référant aux projections de population de l'Institut de la Statistique du Québec³⁹, on constate que la croissance de la population de centenaires observée depuis les années 1950 se poursuit au cours de la première moitié du 21^e siècle. L'ampleur de cet accroissement est toutefois principalement tributaire des tendances futures en matière de mortalité puisque les centenaires de 2056 sont ceux qui, en date de 2006, sont âgés de 50 et plus. Selon le scénario de référence, l'espérance de vie des hommes passera de 78,3 à 85,5 ans et celle des femmes, de 83 à 89 ans en 2056. Selon les scénarios faible et fort, l'espérance de vie des hommes en 2056 se chiffrera à 83 et 88 ans respectivement. Du côté des femmes, les valeurs atteindront 86,5 ans et 90,5 ans. Considérant l'ensemble des hypothèses afférentes au scénario de référence, la population de centenaires passera de 1 021 à plus de 19 000 entre 2006 et 2056, soit une augmentation de près de 1900%. Le scénario faible prévoit une augmentation du nombre de centenaires de l'ordre de 1300% (de 1021 à plus de 13 500), alors que le scénario fort envisage un accroissement de 4500% (de 1 021 à plus de 45 700). Ainsi, peu importe le scénario considéré, la population de centenaires continuera de s'accroître très fortement au cours de la première moitié du 21^e siècle.

³⁹ Source: Institut de la statistique du Québec, *Perspectives démographiques du Québec et des régions, 2006-2056*, édition 2009.

Figure 17
Population projetée de centenaires selon trois scénarios de projection, 2006-2056, Québec



Source : Institut de la Statistique du Québec

3.5 Conclusion

L'ensemble des indicateurs analysés dans le cadre de cette étude témoignent sans contredit de l'augmentation du nombre de centenaires au cours du 20^e siècle et ce, plus particulièrement à partir des années 1950. Les effectifs de centenaires, le ratio de centenaires, les probabilités de survie et l'âge maximal moyen au décès ont tous connu un accroissement important au cours de la période d'observation. Il convient toutefois de rappeler que les tendances observées diffèrent entre les sexes. En effet, alors que les effectifs de femmes centenaires ont augmenté de manière constante au cours de la deuxième moitié du 20^e siècle, ceux des hommes ont d'abord connu une augmentation pour ensuite se stabiliser, durant les années 1990. La situation semble toutefois s'être rétablie depuis les années 2000, telles qu'en font foi les dernières données disponibles.

Au terme de notre analyse, nous pouvons affirmer que l'augmentation des probabilités de survie aux grands âges, notamment entre 80 et 100 ans, a été le principal

déterminant de l'accroissement du nombre de centenaires depuis les années 1970. Considérant les avancées médicales et technologiques des dernières décennies, ce facteur devrait continuer à jouer un rôle prépondérant dans l'accroissement futur du nombre de personnes âgées de 100 ans et plus.

Les résultats afférents au ratio de centenaires pour 10 000 personnes à 60 ans ne nous permettent pas de conclure à l'avantage de survie des populations nord-américaines. D'une part, le Japon présente des ratios de centenaires nettement supérieurs à ceux observés au Canada et aux États-Unis. D'autre part, on peut se questionner sur la qualité des données aux grands âges de ces deux pays. Finalement, les résultats du Québec convergent tranquillement vers les valeurs observées dans les pays européens analysés, se trouvant même devancé par la France en 2006. Ainsi, au terme de cette analyse, peut-on au mieux suggérer un avantage de survie des pays nord-américains sur un ensemble de pays européens, avantage qui, eu égard aux tendances récentes, pourrait se réduire au fil des prochaines décennies.

Les projections de populations de centenaires nous font réaliser l'importance de mettre sur pied des enquêtes ayant pour cible les personnes âgées de 100 ans et plus. En effet, considérant que cette population occupera une place grandissante au sein de nos sociétés, il devient nécessaire de connaître leurs caractéristiques et comportements sociodémographiques. Nous disposons d'informations fragmentaires sur leur état de santé, leur état matrimonial, leur situation économique, leur niveau d'éducation, etc., informations qui, pourtant, permettraient d'implanter des mesures sociales et économiques adéquates et effectives dans un contexte de société vieillissante.

L'accroissement du nombre de centenaires aura également un impact sur les âges maximaux déclarés au décès. En effet, plus les effectifs de centenaires sont nombreux, plus fortes sont les chances que de nouvelles limites soient atteintes en matière de survie aux grands âges. Ainsi, on ne devrait pas se surprendre qu'au cours du 21^e siècle, les 115 ans de Julie Winnifred Bertrand soient relégués au deuxième rang des records québécois de longévité...

Chapitre 4

Data Validation and Measurement of Cohort Mortality among Centenarians in Quebec

Mélissa Beaudry-Godin

Département de démographie

Université de Montréal

et

Robert Bourbeau, Directeur et Professeur

Département de démographie

Université de Montréal

et

Bertrand Desjardins, Chercheur

Département de démographie

Université de Montréal

(Article soumis pour publication au *Canadian Studies in Population*)

4.1 Introduction

The rise in the number and proportion of centenarians within low mortality societies has led to multiple studies conducted on the trajectories of mortality at the highest ages and the biological limits of human life. However, the study of mortality at the highest ages is confronted with two problems that have to do with the age group under observation. Indeed, the small number of centenarians and the misreporting of ages at death, highly present in this age group, lower the reliability of the mortality rates obtained beyond the age of 100.

There are two ways to proceed to minimize the negative impact of these realities on the measurement of high age mortality. The first one and most common consists of conducting analysis on a group of countries for which the data at the highest ages have been judged of very good quality. The pooling of these countries has been undertaken by Kannisto and Thatcher and has led to the creation of the *Kannisto-Thatcher Database* (Kannisto, 1994, 1996). The size of the sample under observation is no longer a problem for the researchers whose studies rely on this database. The second option, which is put forward in this paper, consists of using a sample of individuals whose age at death has been validated. In one case, it is the size of the population and in the other, the quality of the information that allows a precise measure of mortality at the highest ages. However, we have to keep in mind that in both cases, some biases related to the type of data used are still present. For example, the studies based on the *Kannisto-Thatcher Database* have to deal with the heterogeneity of the populations gathered in the database and the ones that use only validated data usually rely on a small number of observations.

A few studies on centenarian mortality have been conducted on populations for which the information regarding their age at death has been entirely validated. Poulain, Chambre and Foulon (2001) looked at the mortality trajectories of Belgium centenarian belonging to the 1870-1894 birth cohorts. Their analysis relies on a nominative database that contains 4166 centenarians whose age at death has been validated by

matching the death and birth certificates. The age-specific life table death rates calculated with the Belgium centenarian deaths are similar to those obtained with the deaths of the populations gathered in the *Kannisto-Thatcher Database*. Thus, up to 105 years old, the size of the sample considered doesn't seem to affect the measure of mortality.

In Quebec, Bourbeau and Desjardins (2000, 2002) have undertaken the validation of the ages at death of a sample of 209 French-Canadian centenarians deceased during the 1985-1999 period. The Catholic parish registers which include all the baptism, marriage and burial certificates produced since the beginning of the 17th century allow the matching of the data. As French-Canadians were virtually all Catholic, the declared age at death of French-Canadian centenarians can thus be validated by finding their baptism certificates. The results of the validation process confirm the quality of the data at the highest ages, for the individuals born in Quebec. Furthermore, the results of this process have been applied to all the deaths of French-Canadians that occurred between 1985-1999, which have led to an estimation of mortality beyond 100 years old. The evolution of centenarian mortality for the 1885-1889 birth cohorts based on validated data assesses the deceleration in the force of mortality at the highest ages.

In this paper, we continue and finish the work undertaken by Bourbeau and Desjardins. Our study relies on a group of 25 generations of French-Canadian centenarians born between 1870 and 1894. The age at death has been validated for each of the centenarians under observation, leading to an estimation of old age mortality more precise and representative of the reality. We evaluate the quality of Quebec data at the highest ages by comparing the relevant indicators and the trajectories of mortality regarding the type of data used: all death records versus true centenarian records.

4.2 Materials and Methods

Our study of the mortality at the highest ages is based on the deaths of centenarians of the 1870-1894 generations who died in Quebec between 1970 and 2004⁴⁰. They pertain to 2839 individuals, among which 1900 are French-Canadian Catholics born and deceased in the province of Quebec, and 939 are Anglophones born in Quebec or individuals born outside the province.

Table X
Recorded Deaths of French-Canadian Centenarians
By Sex and Year of Age, Quebec, 1870-1894 Birth Cohorts

Age at death	Sex		Total
	Females	Males	
100	455	181	636
101	338	338	116
102	221	54	275
103	148	36	184
104	121	25	146
105	75	13	88
106	37	12	49
107	29	10	39
108	10	2	12
109	5	2	7
110	4	1	5
111	2	0	2
112	2	0	2
113	0	0	0
114	0	0	0
115	1	0	1
Total	1448	452	1900
Average age	102,39	102,01	102,3
D(105+)/D(100+)	11,4%	8,8%	10,8%

If we take a closer look at the distribution of the ages at death for the French-Canadian centenarians born and deceased in Quebec, we first notice that 76 percent of

⁴⁰ We have included two deaths that occurred in 2006 and 2007 and therefore we believe that the generations under study are extincts.

deaths belong to women. We also note that the distribution of the deaths by age varies greatly according to gender: deaths of super-centenarians (110 years and older) are almost exclusively those of females; conversely, a higher proportion of male deaths, 65,7 percent, occurred at the earlier ages, 100 and 101, against a proportion of 54,8 percent for females. The mean age at death for centenarians is 102,01 years for men as opposed to 102,39 years for women. The proportion of deaths at ages 105 or older for men is 8,8 percent and 11,4 percent for women. These proportions are relatively high if we compare them to the 5 percent obtained for the 15 countries with the best quality data at the highest ages (Kannisto, 1994). According to Kannisto, a ratio higher than 5 percent shows the presence of false age declarations: we shall discuss this issue later in the paper.

4.2.1 Validation of Centenarian Deaths

The validation of the ages at death was undertaken for the 1900 deaths of French-Canadians. We focused on this group because of its homogeneity and because the parish registers and the index of all marriages of French-Canadians between 1799 and 1939 helps in the validation process. This process was accomplished by linking the baptism certificate to the burial certificate of each individual. For certain cases, age at death was validated with the ages and birth dates registered on the census returns of 1881, 1901 and 1911, all of which are readily available on the Internet.

Table XI
Validity of Reported Centenarians Deaths in Quebec, 1870-1894 Birth Cohorts

		F	M	Total
VALIDATED	Official birth date confirmed	1120	325	1445
	Erroneous official birth date	241	96	337
	Probable	34	9	43
Subtotal		1395	430	1825
NON VALIDATED		53	22	75
TOTAL		1448	452	1900

The age at death has been validated or considered probable for 1825 French-Canadian centenarians, which represent 96,1 percent of the total deaths of French-Canadian centenarians deceased in Quebec. Among these 1825 validated cases, 1445 are associated with centenarians for whom the official birth date was confirmed by the baptism certificate or the birth date found on the census return. We identified 337 (17,7 percent) misreported birth dates for centenarians for whom the baptism certificate was found. We classified as “probable” 43 centenarians for whom the reported birth date differed from the one given in the census returns by a year or was indirectly confirmed by the date of their marriage or the date of their parents’ marriage.

Within the centenarians under study, we identified as non validated (75) the ones we could not find in the census returns and the ones whose identities were uncertain. The majority of these cases have to do with individuals about to turn 100 years old, especially for men. Among women, the deaths that could not be validated are spread between 100 and 107 years old, although 53 percent were declared as being 100 or 101 years of age.

Table XII
Distribution of the Erroneous Birth Dates according to the Difference between the Reported Birth Dates and the Real Birth Dates

Difference in days, months or years	N
3 days or less	201
Between 4 and 30 days	38
Between 1 and 11 months	24
Between 1 and 4 years	38
Between 5 and 9 years	12
10 years or more	24
Total	337

The validation process has shed some light on the inconsistencies in the birth dates found on the death certificates. We identified 337 misreported birth dates for centenarians among which age at death has been ascertained. 59,6 percent of these errors are of three days or less, probably due to confusion between baptism date and

birth date. The differences of less than one month are of minor importance, since their corrections are not likely to change the age at death and, consequently, affect the measure of the mortality of centenarians. 7,1 percent of the mistakes are associated with differences of at least 10 years between the official birth date and the real birth date.

4.2.2 Validation of Deaths Reported at 99 Years Old

The measure of centenarian mortality relies on deaths of true French-Canadian centenarians born between 1870 and 1894. Considering that true centenarians could be found among reported deaths below 100 years old, we decided to undertake the validation of deaths reported at 99 years old. Among the 912 deaths belonging to the 1871-1895 generations, 11 centenarians were found. Within this group, 9 died at 100 years old and 2 at 101 years old. On the basis of such results, we didn't consider it necessary to proceed to the validation of deaths reported below 99 years old. The majority of these errors being associated with a difference of one year, the chances to find centenarians among reported deaths under 99 years old are relatively slight.

4.2.3 Underestimation of Ages at Death among Centenarians

It is often taken for granted that misreported ages at death are mostly associated with cases of overestimation of true age at death. In order to judge the prevalence of overestimation of ages at death, we must examine the distribution of reported ages among individuals who really reached age x and not the distribution of true ages among individuals who reported to have reached age x (Preston, Elo et Stewart, 1999). Therefore, regarding our study, we have to analyse the distribution of reported ages at death among true centenarians and not the distribution of true ages among individuals who reported themselves as centenarians. We are looking at overestimation of ages at death among our group of true centenarians and not within the population in general.

Among the 1900 reported centenarian deaths, 1825 have been validated. Within this group, we identified 44 false centenarians and 2 subjects that were born outside the group of generations under study. By adding the 11 centenarians found among the reported deaths at 99 years old we obtain 1790 true French-Canadian centenarians

belonging to the 1870-1894 generations. Among these true centenarians, the real age at death has been underestimated for 32 of them and overestimated for 17 of them. Table XIII shows the distribution of under- and overestimated ages at death according to sex among true centenarians.

Table XIII
Distribution of Changes in the Ages at Death among True Centenarians

	Difference in years	Females	Males	Total
Underestimated	1	25	5	30
	2	2	0	2
Subtotal		27	5	32
Overestimated	1	11	4	15
	2	0	1	1
	10	0	1	1
Subtotal		11	6	17
Total		38	11	49

On the basis on such results, we can conclude that misreported ages at death observed among French-Canadian centenarians are mainly related to an underestimation of true age at death. In fact, of the 49 changes in the age at death, 32 are associated with an underestimation of the age at death. The majority of the misreported ages are observed at 100 and 101 years old, for the under- and overestimated cases.

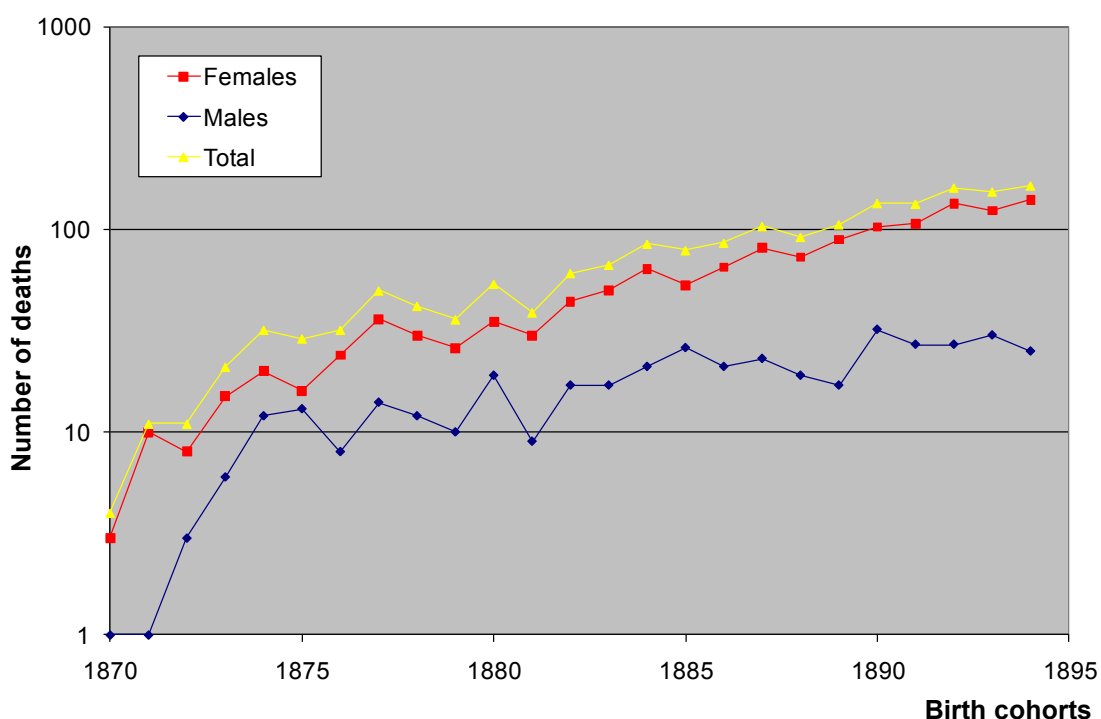
4.3 Results

4.3.1 Measure of Centenarian Mortality Based on the True Centenarian Deaths

The measure of centenarian mortality relies on the 1790 deaths of true French-Canadian centenarians born between 1870 and 1894; 1380 (77,1 percent) are women and 410 (22,9 percent) are men. The proportion of female deaths for each age is 73 percent higher than the one for men. However, among men, the proportions of deaths at 100, 101, 106 and 107 years of age are higher than the ones found in women, especially at the age of 100.

Our sample includes 188 deaths of semi-super-centenarians (105 years and older), of which 81 percent are women, and nine deaths of super-centenarians (110 years and older) that are all women. The woman who has lived the longest belongs to the 1891 generation and died in 2007 at the age of 115 years. She was considered to be the oldest person on earth during the months before her death.

Figure 18
Deaths of Centenarians by Year of Birth, 1870-1894 Birth Cohorts, Quebec,
True Centenarian Deaths

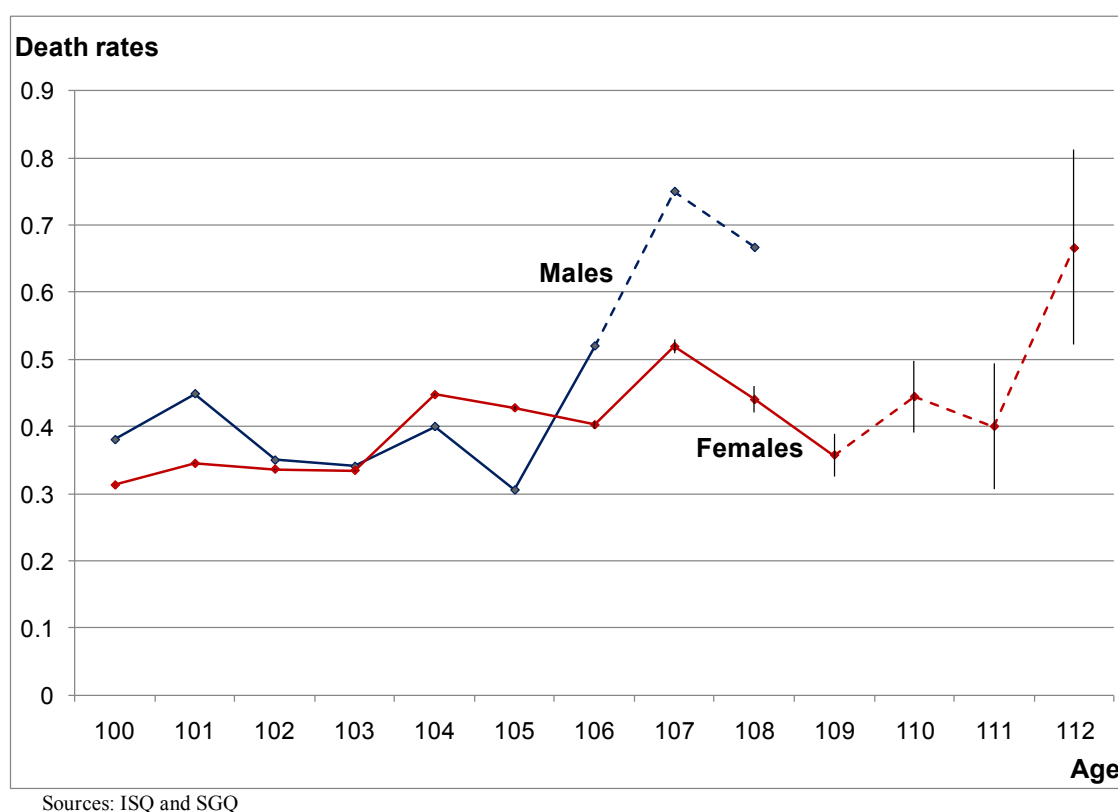


Sources: ISQ and SGQ

The absolute number of deaths of centenarians has increased from generation to generation. Most of the increase took place between the 1870 and 1875 birth cohorts when the generation count reached 29 deaths among centenarians, or more than seven times the 1870 count. Since the 1875 birth cohort, the number of deaths rose steadily over the generations under study, but the number of male deaths levelled off in the last ten generations, with 26 and 25 deaths for the 1885 and 1894 birth cohorts respectively. This trend has also been observed in Canada by Desjardins and Bourbeau (2010, forthcoming).

Overall, the number of centenarians has been multiplied by 41 in 25 generations while the number of births has increased by 17,9 percent during the same period. This confirms what has been demonstrated in a previous paper⁴¹ that the increase in the number of centenarians for the 1870-1894 birth cohorts was mainly due to the rise in the survival probabilities.

Figure 19
Age-Specific Life Table Deaths Rates of Centenarians by Sex, 1870-1894 French-Canadian Birth Cohorts, True Centenarian Deaths



Recent studies (Bourbeau and Desjardins, 2002, 2006; Yi and Vaupel, 2003; Horiuchi and Wilmoth, 1998; Thatcher, Kannisto and Vaupel, 1998) have shown that the trajectory of mortality at the highest ages does not follow an exponential distribution as the Gompertz model suggests, but rather a logistic distribution; the rates rise, but at a decelerating pace with age. The evolution of the mortality rates starting at 100 years old

⁴¹ See our first paper « L'explosion du nombre de centenaires au Québec ».

obtained for the 1870-1894 generations confirms this trend, which is more important for women—the rates rising from 30,8 percent to 42,5 percent between the ages of 100 and 105. In this age group, the population under observation is greater than 100 individuals. Among men, the small number of individuals does not allow us to define the evolution of mortality beyond age 103. Up to this age, we observe a ceiling of the mortality rates at around 45 percent. As indicated by the dotted lines, the population at risk of dying is less than 25 persons beyond 106 and 109 years old for men and women respectively. Then, considering the small number of observations, it is quite impossible to predict with any certitude the trajectory of mortality after these ages. More we advance in age, wider is the interval confidence and more unreliable are the mortality rates. At 112 years old, we obtain a confidence interval of [0,521; 0,812] for the female mortality rate, meaning that the “true” mortality rate could lie anywhere between 0,521 and 0,812 at a confidence level of 95 percent.

4.3.2 Comparing the Measure of Centenarian Mortality According to the Type of Data Used: All Deaths vs. True Centenarian Deaths Only

One of the goals of our study is the evaluation of the quality of the data from Quebec and, more precisely, of the ages at death registered in the vital statistics and the potential effect of age misreporting on the measure of mortality at the highest ages. Three elements must be considered here: the proportion of ages at death qualified as non-validated, the proportion of erroneous birth dates and the proportion of erroneous birth dates that lead to a change in the age at death.

Within the 1900 deaths of French-Canadian reported as centenarians belonging to the 1870-1894 generations, only 3,9 percent were not validated and were therefore rejected from the analysis. We must specify that the rejection of these cases does not mean that the ages at death were inaccurate. These are deaths of centenarians for whom the birth date could not be confirmed by either one of the sources of information available. Therefore, it is entirely possible that the ages at death for some of these individuals are accurate. A religion other than Catholic, migration, a birth outside Quebec or missing registers are all reasons that could possibly account for the

uncertainty which led to the rejection of these cases. Perhaps their exclusion can have an impact on the measure of mortality at the highest ages. Nevertheless, considering that the age distribution of these deaths is very similar to the one of the validated deaths, we are confident that their rejection has little effect on the evolution of mortality beyond the age of 100 years.

The centenarians for which the age at death found on the death certificate is erroneous represent 17,7 percent of the total of deaths of French-Canadian reported as centenarians (1900). As we previously mentioned, this proportion might be slightly underestimated considering certain ages at death could not be validated by the baptism certificates and that others were rejected from our sample. Seventy-one percent of the identified errors yielded a difference of 30 days or less, which does not influence the measure of mortality at the highest ages as the age at death was not affected for all these cases.

There are 84 erroneous birth dates for which the correction leads to a change in the age at death; this represents 25 percent of the entire birth dates that were misreported and 4,4 percent of all the ages at death of reported centenarians. In other words, in the majority of the cases (75 percent), the correction of the erroneous birth date had no impact on the ages at death and, accordingly, no effect on the measure of mortality. When we examine the distribution of the ages at death of the centenarians for which the correction of the birth date led to a change in the age at death, we do not find a trend that could bias the measure of mortality beyond age 100. In fact, the majority of the changes in the age at death are related to deaths of centenarians that occurred at the age of 100. The proportion of corrections at ages where the number of survivors is limited is very low. We note only seven errors beyond the age of 105 that involved a change in the age at death, and two of these individuals gained a year. Within the six errors that led to a reduction of the life span, four cases were rejected from our analysis.

A comparison of some indicators shows no significant differences between true centenarian data and all death records in terms of level of mortality (see Table XIV).

Life expectancy at 100 years old (average age at death over age 100) and the proportion of deaths at age 105+ among deaths at age 100+ depict the same picture in terms of survival experience at age 100 and beyond.

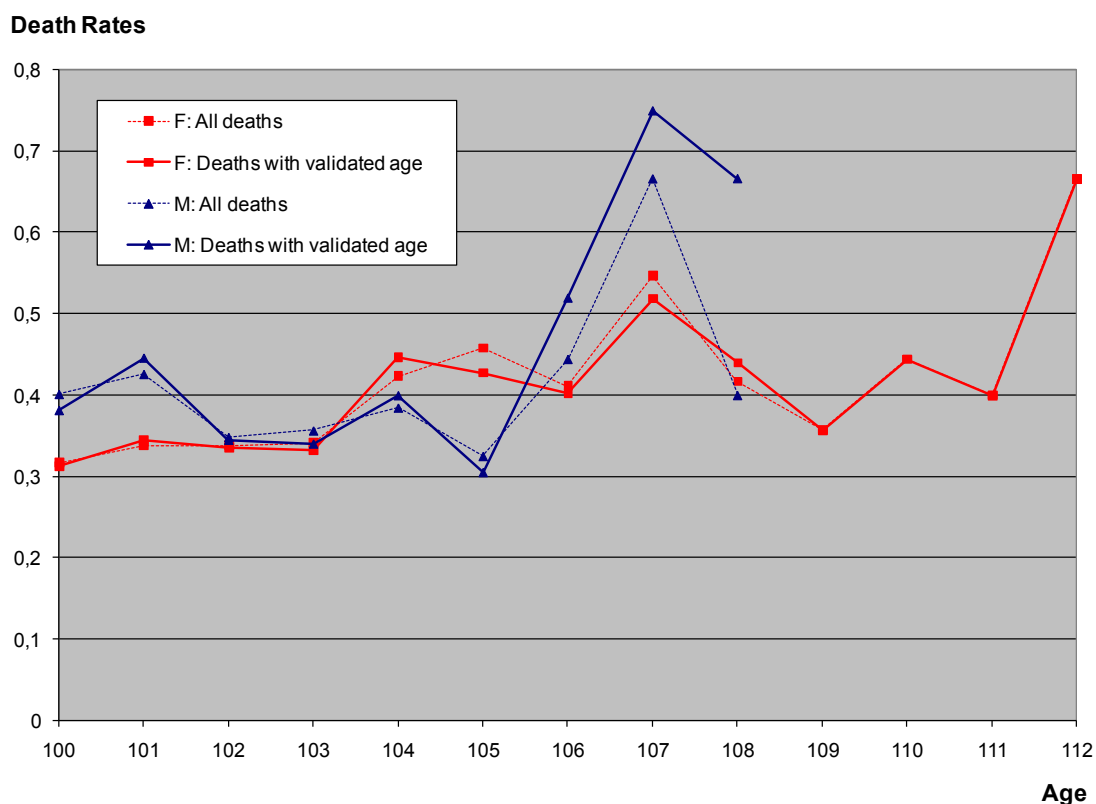
Table XIV
Life Expectancy at 100 Years Old and Proportion of Deaths at 105+, All Records and True Centenarian Records

		True centenarian records (n=1790)	All records (n=1900)
e100	M	2,02	2,01
	F	2,39	2,39
	T	2,31	2,30
D(105+)/D(100+)	M	8,8%	8,9%
	F	11,0%	11,4%
	T	10,5%	10,8%

The impact of the corrections and rejections from the original sample can be seen in Figure 20, where the death rates calculated using the true centenarian deaths are compared with the ones obtained with all death records. Overall, the type of data used has little impact on the trajectory of the mortality observed at 100 years old and beyond. Up to 105 and 112 years old, for men and women respectively, the curves are highly similar.

Regarding men, the use of all death records induces an underestimation of mortality. The death rates calculated with all the records are inferior to those obtained with true centenarian deaths, except at the ages of 100, 103 and 105—ages at which we count a majority of false centenarians and of ages at death that could not be validated. After 105 years old, the distance between the two curves deepens. Overall, in the case of men, the impact of the erroneous declarations seems stronger as age rises, leading to a slight underestimation of the mortality at the highest ages, but this may be caused by the small number of observations.

Figure 20
Age-Specific Life Table Death Rates at ages 100+ by Sex, 1870-1894 French-Canadian Birth Cohorts, All Deaths and True Centenarian Deaths



Sources: ISQ et SGQ

Among women, the trend is less obvious. The curves merge up to age 103 years and then separate slightly at certain specific ages. Therefore, the use of all death records does not lead to an underestimation of the mortality at the highest ages for women.

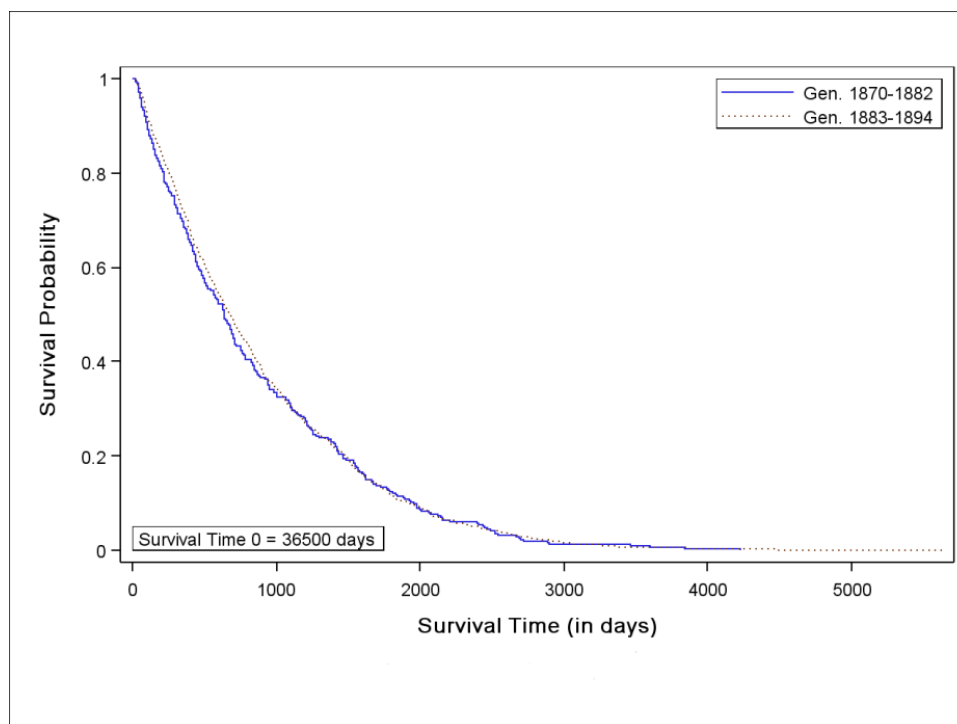
As shown by the indicators and the validation results based on the experience of the province of Quebec, we can say that validation is no longer necessary to obtain a relatively good measure of mortality among centenarians, at least for French-Canadians born in Quebec.

4.3.3 Evolution of mortality profiles over time

We decided to split our generations in two separate groups in order to capture the effect of the mortality decrease at the highest ages initiated in the 80's on the observed mortality profiles. The nature of the data led us to proceed to a survival

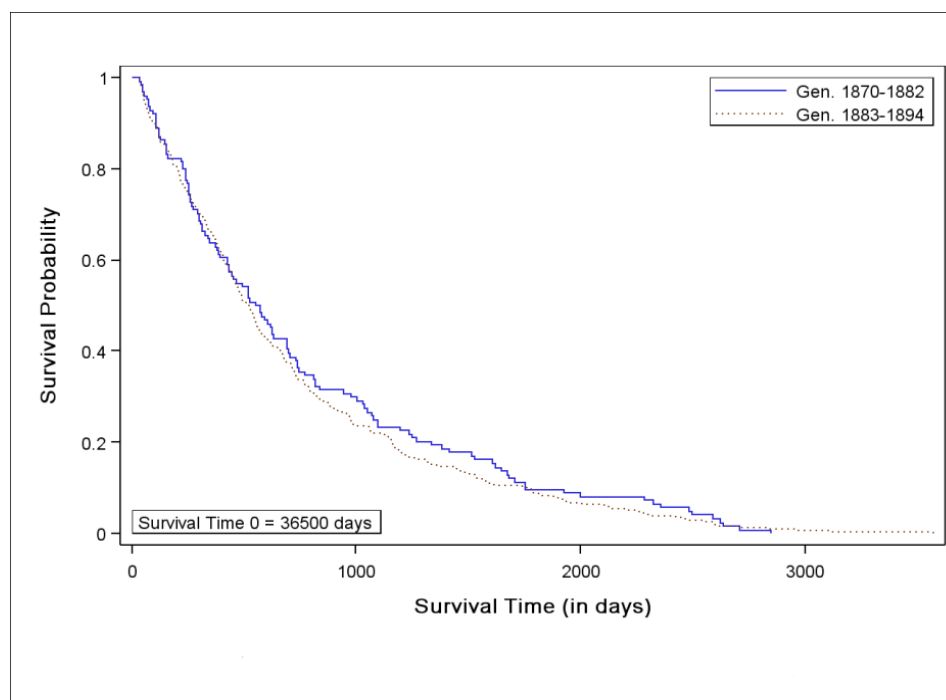
analysis. In fact, with the exact dates of birth and death of centenarians we were able to calculate the length of life in days. We used the Kaplan-Meier estimator, a nonparametric method, which allows us to test the differences in survival between the 2 groups of generations under study.

Figure 21
Survival Probability According to Group of Generations, Females



Source: Institut de la Statistique du Québec

Figure 22
Survival Probability According to Group of Generations, Males



Source: Institut de la Statistique du Québec

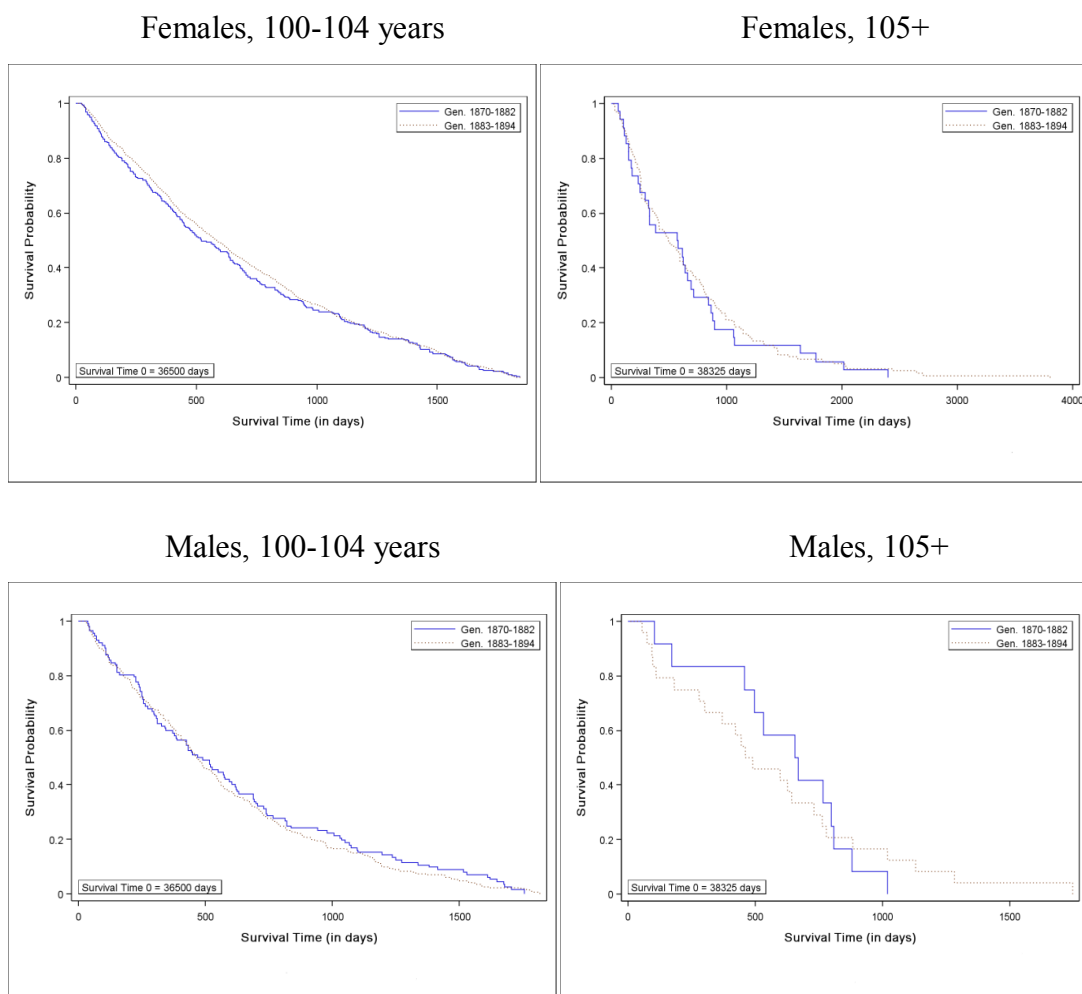
Table XV
Test of Equality over Group of Generations

Test	Females			Males		
	Khi 2	DF	Pr > Khi 2	Khi 2	DF	Pr > Khi 2
Log-Rank	0,1926	1	0,6607	0,4816	1	0,4877
Wilcoxon	0,7423	1	0,3889	0,3180	1	0,5728

The trajectory of survival curves differs greatly between men and women. Among women, we can notice that the curves overlap for all the age range under study. For men, the curve associated with the group of generations 1883-1894 is below the other one beyond time 500, which is approximately 101,4 years old. However, for both sexes, the results of the statistical tests show no significant differences between the 2 groups of generations. The p -values associated with the Log-Rank are far from the 5 percent level of significance (0,6607 and 0,4877 for women and men respectively). Therefore, we cannot conclude that the mortality decrease at the highest ages initiated in the 80's had a significant effect on the mortality profiles over time.

The evolution of the survival curves (Figures 21 and 22) inclined us to perform analyses according to age at death. We conducted separate analyses for centenarians who died between 100 and 104 years old and those who died beyond 105 years old. We wanted to compare the impact of secular mortality decline on mortality profiles across these two age groups.

Figure 23
Survival Probability According to Group of Generations and Age at Death



Source: Institut de la Statistique du Québec

Table XVI
Test of Equality over Group of Generations According to Age at Death

Test	Females					
	100-104			105 +		
	Khi 2	DF	Pr > Khi 2	Khi 2	DF	Pr > Khi 2
Log-Rank	0,4091	1	0,5224	0,2077	1	0,6486
Wilcoxon	14,205	1	0,2333	0,1221	1	0,7268
	Males					
	100-104			105 +		
Test	Khi 2	DF	Pr > Khi 2	Khi 2	DF	Pr > Khi 2
Log-Rank	0,3304	1	0,5654	0,0229	1	0,8796
Wilcoxon	0,1603	1	0,6889	0,9521	1	0,3292

Even if the survival differences between the 2 groups of generations are not significant at the 5 percent level of significance for the 2 age groups under study, it seems that the effect of the mortality decrease has been different according to the age group. In fact, the *p*-values associated with the semi-super-centenarians are relatively higher than those related to centenarians who died before 105 years old. Based on these results, we can say that the survival probabilities beyond 105 years old were not as affected as the ones for the 100-104 years old group by the drop in death rates at advanced ages that started in the 80's.

4.4 Conclusion

The validation of the ages at death of centenarians born between 1870 and 1894 allowed us to evaluate the quality of age at death registration in the vital statistics relating to French-Canadian centenarians. Of the 1900 deaths of French-Canadians reported as centenarians for which age validation was attempted, 75 could not be validated (3,9 percent), and 337 were found to be inexact (17,7 percent), among which only 84 (4,4 percent) led to a correction of the age at death. Of these 84, 44 turned out to be people who were not centenarians. These results confirm that Quebec data on the highest ages at death are of very good quality, especially considering that some of those which could not be validated could be exact notwithstanding.

The measure of centenarian mortality is affected by the elimination of the non-validated cases and by the dates of birth which correspond to a change in the age found in the death registration. But considering that, within the French-Canadian centenarian population, only 4,4 percent of ages at death were found inexact and only 3,9 percent could not be validated, it is clear that globally these errors can alter but slightly the measure of mortality. Providing these proportions can be considered to hold for Anglophones born in Quebec, the measure of high age mortality obtained from vital registration without correction is, globally, true to reality for individuals born in Quebec.

Chapitre 5

L'avantage de survie des familles de semi-supercentenaires québécois

Mélissa Beaudry-Godin

Département de démographie

Université de Montréal

et

Robert Bourbeau, Directeur et Professeur

Département de démographie

Université de Montréal

et

Bertrand Desjardins, Chercheur

Département de démographie

Université de Montréal

(Article soumis pour publication au *Social Biology*)

5.1 Introduction

La composante familiale de la longévité a fait l'objet de nombreuses études. Elle a notamment été analysée dans le cadre de recherches menées sur la survie des frères, sœurs et parents d'individus ayant atteint des âges avancés. Une étude basée sur une cohorte de 78 994 Mormons de l'Utah (Kerber et *al.*, 2001) ayant atteint au moins l'âge de 65 ans confirme l'avantage de survie des frères et sœurs des individus ayant atteint le 97^e percentile de leur cohorte, c'est-à-dire 97 ans et 95 ans, pour les femmes et les hommes respectivement. Ils vivent en moyenne 14,8 ans de plus qu'un échantillon de 5 000 personnes sélectionné au sein de cette même population. Gudmundsson et *al.* (2000) ont quant à eux étudié la survie des enfants d'individus ayant atteint le 95^e percentile de leur cohorte à partir de généalogies islandaises. Leur mortalité s'avère nettement moins élevée que celle des enfants du groupe « contrôle » et ce, particulièrement après l'âge de 70 ans. Schoenmaker et *al.* (2006) ont analysé la composante familiale de la longévité au sein de familles néerlandaises comptant au moins deux individus ayant atteint des âges avancés (89 ans pour les hommes et 91 ans pour les femmes). La mortalité des frères et sœurs de ces individus est de 34% inférieure à celle de la population de référence; les parents et les enfants de ces individus affichent quant à eux des taux de mortalité de 24% et 35% inférieurs à ceux de la population « contrôle ». Cet avantage de survie ne semble pas être partagé par les époux des individus à la longévité extrême car leur risque de mortalité n'est inférieur que de 5% à celui affiché par la population de référence.

Dans un article paru en 2002, Perls et *al.* comparent la survie des frères et sœurs de 444 centenaires de la Nouvelle-Angleterre à celle de la génération américaine née en 1900. Les frères et sœurs des centenaires accusent un avantage de survie tout au long de leur vie comparativement à la population de référence. Les taux de mortalité des sœurs de centenaires sont deux fois moins élevés que ceux de la génération 1900 et ce, tout au long du continuum d'âges. Les frères affichent un avantage de survie similaire, quoique ce dernier se trouve réduit à l'adolescence et au début de l'âge adulte. Comparativement à la génération 1900, les frères et sœurs de centenaires ont respectivement 16,95 et 8,22 fois plus de chance d'atteindre 100 ans. Perls et *al.* (2007)

ont refait l'analyse en ne s'intéressant qu'à la survie des frères et sœurs et des parents de supercentenaires. Ils voulaient d'une part vérifier si les frères, sœurs et parents de supercentenaires sont prédisposés à atteindre des âges extrêmes de la vie, et d'autre part, si leur probabilité de survivre jusqu'à ces âges avancés s'avère plus élevée que celle observée chez les frères et sœurs de centenaires. Les probabilités de survie relatives (de 20 à 90 ans) des frères, sœurs et mères des supercentenaires confirment leur avantage de survie. Les sœurs et les frères affichent une probabilité de survie (de 20 à 90 ans) 2,9 fois et 4,3 fois plus élevée que celle de la génération de référence. Les mères ont quant à elles 5,8 fois plus de chance de survivre de 50 à 90 ans que leur cohorte de naissance respective. Les probabilités de survie relatives des frères et sœurs des supercentenaires sont similaires à celles observées chez les frères et sœurs des centenaires. Ainsi, il ne semble pas exister de relation positive entre l'âge au décès des centenaires et les probabilités de survie entre 20 et 90 ans de leurs frères et sœurs.

L'avantage de survie des frères et sœurs des centenaires a également été étudiée au sein d'un échantillon de centenaires originaires d'Okinawa (Willcox et *al.*, 2006). Les auteurs ont comparé la survie des frères et sœurs de 348 centenaires à celle de la génération okinawaise de 1890. À l'instar des résultats présentés dans l'article de Perls et *al.* (2002), les frères et sœurs des centenaires affichent une mortalité de moitié inférieure à celle de leur cohorte de naissance respective. Les frères et sœurs ont respectivement 5,43 et 2,58 fois plus de chance de survivre de 20 à 90 ans que la moyenne nationale.

Toutes ces études témoignent de la composante familiale de la longévité extrême. Toutefois, cet avantage de survie peut s'expliquer autant par des facteurs génétiques qu'environnementaux. En effet, non seulement les familles partagent-elles de mêmes gènes mais également des conditions et habitudes de vie. Contrairement à la grande majorité des facteurs démographiques et socio-économiques (sexe, ethnicité, alimentation, activité physique, éducation, revenu), l'avantage de survie des frères et sœurs se maintient au fil des âges. Ce constat nous porte à croire que les facteurs génétiques jouent un rôle très important dans l'atteinte des âges extrêmes de la vie.

Selon Willcox *et al.* (2006), l'avantage de survie des centenaires d'Okinawa témoigne également en faveur de la primauté des facteurs génétiques et ce, en raison du caractère homogène de cette population en ce qui a trait aux facteurs environnementaux.

Dans le cadre de cette étude, nous nous intéressons à la survie des frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires (105 ans et plus) canadiens français des générations 1890 à 1899. Dans un premier temps, nous traiterons du processus de reconstitution des familles des semi-supercentenaires et de la validation de leur âge au décès. Dans un deuxième temps, nous procéderons à une description détaillée de la base de données sur laquelle repose nos analyses. Finalement, nous comparerons les courbes de survie de même que certaines probabilités de survie des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires à celles de leurs cohortes de naissance respectives. À l'instar de la population okinawaise (Willcox *et al.*, 2006), les Canadiens français constituent une population relativement homogène en ce qui a trait aux caractéristiques socio-économiques. Cette étude nous permettra donc de nous prononcer sur l'importance des déterminants génétiques dans l'explication de la composante familiale de la longévité.

5.2 Base de données et méthodes

Les semi-supercentenaires sur lesquels se base notre étude ont été tirés d'une liste de décès nominative confidentielle fournie par l'Institut de la Statistique du Québec. Ils représentent l'ensemble des décès survenus au Québec à 105 ans et plus au cours de la période 1995-2004. Pour les fins de la validation des âges au décès⁴², nous n'avons retenu que les décès des Canadiens français nés et décédés au Québec. Nous en dénombrons 135, dont 132 pour lesquels l'âge au décès a été validé en couplant l'information contenue dans les actes de décès et de baptême, et trois dont l'âge au décès a été confirmé par les âges et dates de naissances enregistrés dans les recensements de 1881, 1901 et 1911. Le processus de validation a révélé la présence de deux semi-supercentenaires appartenant à une même famille. Seule celle ayant vécu le

⁴² Se référer à notre deuxième article intitulé « Data Validation and Measurement of Cohort Mortality among Centenarians in Quebec ».

plus longtemps a été retenue au sein du groupe formé des semi-supercentenaires. Nous avons donc reconstitué les familles de 134 semi-supercentenaires.

Dans une première étape, les familles des semi-supercentenaires ont été retracées par le biais des recensements de 1881, 1901 et 1911, lesquels sont disponibles en ligne sur internet. Considérant certaines inexactitudes dans les données de recensement, il nous fallait valider ces dernières avec une deuxième source d'information. Ainsi, en se référant au lieu du baptême du semi-supercentenaire et aux lieux de résidence enregistrés dans les recensements, nous avons dépouillé année après année les registres des paroisses associées aux familles sous observation en vue de confirmer non seulement les prénoms et dates de naissance des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires (essentiels pour la recherche de leur acte de décès) mais également dans l'espoir de retracer certaines naissances qui, pour cause d'immigration, de mortalité ou de placement en famille ou institution d'accueil ne figureraient pas dans les recensements. En combinant les informations contenues dans les recensements et les registres paroissiaux, nous avons identifié 1 264 frères et sœurs de semi-supercentenaires, 90 demi-frères et demi-sœurs et un enfant adopté. Pour les fins de l'analyse, nous n'avons retenu que les 1 264 frères et sœurs de semi-supercentenaires.

Nous avons retrouvé l'acte de baptême de 1 234 frères et sœurs de semi-supercentenaires (97,6%) et de 234 parents (87,3%). La plus faible proportion d'actes de baptême retrouvés chez les parents peut s'expliquer par le manque d'informations complémentaires concernant le lieu de résidence de leurs parents respectifs. En effet, en ce qui concerne les parents, nous ne pouvions tirer parti que des informations contenues dans l'acte de mariage de leurs parents (grands-parents des semi-supercentenaires). Ainsi, si cet acte de mariage est introuvable ou encore, si les actes de baptême ne figurent pas dans les registres des paroisses mentionnées dans l'acte de mariage, il y a très peu de chance que nous retrouvions les actes de baptême des parents. Il en va autrement pour la recherche des actes de baptême des frères et sœurs des semi-supercentenaires, celle-ci se trouvant facilitée par les lieux de résidence enregistrés dans les recensements de 1881, 1901 et 1911. Une naissance à l'extérieur du Québec de

même qu'une origine autre que canadienne-française peuvent également rendre compte du plus faible pourcentage d'actes de baptême retrouvés au sein des parents. En effet, sur les 45 parents dont l'acte de baptême demeure introuvable, le quart d'entre eux répondent à l'un des deux critères susmentionnés. Cette proportion se chiffre seulement à 8,5% pour les frères et sœurs dont la date de naissance n'a pu être confirmée par un acte de baptême.

Les frères, sœurs et parents pour lesquels l'acte de baptême est introuvable (30 frères et sœurs et 34 parents) se sont vus attribuer la date de naissance inscrite sur leur certificat de décès (27 frères et sœurs et 32 parents) ou la date de naissance obtenue en soustrayant l'âge au décès de la date de décès enregistrée dans l'acte de sépulture (3 frères et sœurs et 2 parents). Dans les deux-tiers des cas cette date de naissance officielle se trouvait confirmée par celles enregistrées dans l'un ou l'autre des recensements. De plus, pour les cas où les dates de naissances divergeaient, deux-tiers d'entre eux étaient associés à des différences d'un an, lesquels cas ont été qualifiés de probables. Ainsi, en considérant les dates de naissances confirmées par les recensements, nous connaissons les dates de naissance réelles de 1 255 frères et sœurs (99,3%) et de 251 parents (93,7%). En ajoutant les dates de naissance jugées probables, ces proportions grimpent à 99,8% et 96,3%. Sur la base de ces résultats, on peut conclure que les informations afférentes aux dates de naissance s'avèrent d'excellente qualité.

Tableau XVII
Distribution des dates de naissance selon la source de données

Frères et sœurs	Dates de naissance tirée des actes de baptême	1 234
	Dates de naissance tirée des actes de décès civils	
	confirmée par recensements	21
	probables	6
	incertaines	0
	Dates de naissance déduites	3
	Total	1 264
Parents	Dates de naissance tirée des actes de baptême	234
	Dates de naissance tirée des actes de décès civils	
	confirmée par recensements	17
	probables	7
	incertaines	8
	Dates de naissance déduites	2
	Total	268

* Dates de naissance obtenues en soustrayant l'âge au décès de la date de décès enregistrée dans l'acte de sépulture

Une fois la recherche des actes de baptême accomplie, nous avons entrepris celle des actes de décès. Trois sources de données ont été mises à contribution. Dans un premier temps, nous avons parcouru l'index consolidé des décès de l'État civil du Québec, lequel couvre les décès survenus entre 1926 et 1996. L'Institut de la Statistique du Québec nous a fourni une liste nominative des décès enregistrés à plus de 85 ans pour les années 1997-2004. Dans un deuxième temps, nous avons dépouillé les registres paroissiaux en vue de retracer les décès survenus avant 1926. Finalement, nous avons cherché les derniers actes de décès manquants sur la base de données *Ancestry*⁴³, laquelle nous a permis de retrouver des décès survenus notamment aux États-Unis et en Colombie-Britannique. Au terme de ces recherches, nous avons retrouvé 1 062 actes de décès des frères et sœurs des semi-supercentenaires sur une

⁴³ La base de données *Ancestry* est disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.ancestry.com>

possibilité de 1 264 (84%). Cette proportion s'élève à 86,9% pour les parents de semi-supercentenaires, soit 234 actes de décès sur une possibilité de 268.

Nous avons porté une attention particulière aux frères et sœurs des semi-supercentenaires pour lesquels l'acte de décès demeure introuvable. Bien que la faible proportion de ces derniers nous protège d'un biais majeur, nous voulions tout de même identifier les causes des décès manquants et ainsi mesurer l'impact de leur retrait de l'analyse de survie sur les résultats obtenus. Certains actes de décès introuvables peuvent notamment être associés à des décès survenus avant 1926, année correspondant à l'instauration de l'état civil québécois. Tel que mentionné précédemment, nous avons identifié des décès survenus avant 1926 en dépouillant, année après année, les registres des paroisses dans lesquelles nous savions que les familles des semi-supercentenaires avaient vécu. Il est donc probable que certains décès nous aient échappé considérant la fréquence des déménagements ou encore l'enregistrement d'un décès dans une paroisse avoisinante. Le retrait de ces derniers ne compromet en rien l'analyse de survie puisqu'ils ne concernent que des décès survenus avant 50 ans, lesquels n'ont pas été intégrés à l'analyse. Des problèmes d'identification pourraient également rendre compte d'un certain nombre d'actes de décès manquants. En effet, au sein des familles nombreuses, il n'est pas rare que plus d'un enfant porte le même prénom ou encore, qu'un décès soit associé à un prénom d'un enfant toujours vivant. À ces deux situations, s'ajoute les cas des frères, sœurs et parents aux prénoms et noms de famille extrêmement communs, qu'on pense notamment aux « Joseph Tremblay », lesquels s'avèrent plus difficiles à identifier dans l'index consolidé des décès de l'État civil du Québec. Toutefois, considérant les recherches extensives et minutieuses effectuées, nous croyons que peu d'acte de décès manquants peuvent entrer dans cette deuxième catégorie. Pour des raisons évidentes, les frères et sœurs toujours en vie en 2004, année correspondant à la fin de notre période d'observation, font également partie du groupe d'individus dont l'acte de décès est introuvable. En se référant aux années de naissance de ces frères et sœurs, ces derniers auraient atteint au moins l'âge de 87 ans en 2004⁴⁴.

⁴⁴ Les frères et sœurs dont l'acte de décès est introuvable sont nés entre 1870 et 1917. Ainsi, les plus jeunes auraient 87 ans en 2004.

Le retrait de ces cas de l'analyse de survie ne pose pas problème dans la mesure où ils témoignent sans contredit de la plus longue longévité des frères et sœurs des semi-supercentenaires. Sur la base des informations contenues dans les actes de mariage et les actes de décès des conjoints(es), nous avons identifié 10 individus ayant vécu jusqu'au moins 50 ans. Ces derniers ont été inclus à notre analyse de survie et traités comme des cas censurés à droite, c'est-à-dire des cas pour lesquels il nous manque une partie de l'information. Ainsi, nous savons que ces 10 individus ont survécu jusqu'à au moins 50 ans sans pour autant connaître leur date de décès exacte.

Finalement, certains actes de décès n'ont pu être retrouvés pour cause d'émigration. À titre d'exemple, il nous a été impossible de retracer les individus décédés dans une autre province canadienne, exception faite de la Colombie-Britannique, ou encore, dans un pays autre que les États-Unis. Et même en ce qui a trait aux décès survenus sur le territoire américain, plusieurs d'entre eux ont pu nous échapper pour des raisons d'identification nominative. Toutefois, aucune raison ne nous incite à penser que l'âge moyen au décès des individus ayant émigré diffère en niveau et tendance de celui des frères et sœurs pour lesquels l'acte de décès a été retrouvé. De plus, si l'on se réfère à l'hypothèse de « l'immigrant en bonne santé », il se pourrait fort bien que l'âge au décès de ces derniers joue également en faveur de l'avantage de survie des frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires.

Le nombre moyen d'enfants par famille se chiffre à 10,34 pour les 134 familles sous étude. En incluant les demi-frères et demi-sœurs, cette statistique grimpe à 11,10 enfants par famille. Il va sans dire que la fécondité des Canadiens français au tournant du 20^e siècle était extrêmement élevée. Elle est pratiquement comparable à la fécondité des Huttérites (12,44 enfants par femme), laquelle fait office de référence en matière de fécondité élevée. En se basant sur les intervalles intergénéraliques observés, il est possible que 7 des 134 familles sous observation demeurent incomplètes. Toutefois, pour l'ensemble de celles-ci, il ne nous manquerait au plus que deux naissances par famille. En considérant ce scénario, 14 enfants se trouveraient absents de notre base de données. Avec un pourcentage de cas manquants se chiffrant au maximum à 1,1%, on

peut affirmer que notre base de données est complète. Ainsi, contrairement à la grande majorité des études sur la survie des frères et sœurs de centenaires, nous ne sommes pas aux prises avec un problème de sous-dénombrement des décès survenus avant l'âge de 20 ans (Perls et *al.*, 2002, 2007 ; Willcox et *al.*, 2006).

Sur les 1 062 actes de décès des frères et sœurs trouvés, 75 se sont produits entre 0 et 1 mois et 127 entre 1 et 12 mois. Nous obtenons donc un taux de mortalité infantile s'élevant à 16% (202/1 264), statistique comparable à celle observée en France à la fin du 19^e siècle (autour de 15,9%⁴⁵). Le taux de mortalité juvénile (décès entre 1 et 5 ans) se chiffre quant à lui à 7,8% (98/1264).

Puisque nous nous intéressons à la longévité des frères et sœurs des semi-supercentenaires, nous devons exclure les décès extrinsèques aux processus du vieillissement. Afin de répondre à ce critère, notre analyse ne se base que sur les décès survenus après 50 ans, âge qui coïncide avec la fin de la période reproductive. En procédant de la sorte, nous nous trouvons à éliminer les décès associés à la mortalité infantile, à la mortalité maternelle, à la majorité des accidents, etc., dont les causes sont tout autres que celles liées aux décès imputables au processus du vieillissement. Sur les 1 062 décès connus des frères et sœurs, 576 se sont produits au-delà de 50 ans auxquels ont été ajoutés les 10 cas de censure à droite. Sur ces 586 décès, on en dénombre 292 chez les femmes et 294 chez les hommes. Ces frères et sœurs dont le décès s'est produit à 50 ans ou plus appartiennent aux générations 1870 à 1915. Au sein des 234 décès connus des parents de semi-supercentenaires, 213 sont survenus au-delà de 50 ans. On compte 105 décès de femmes et 108 décès d'hommes. Ces parents sont nés entre 1833 et 1875.

Afin de vérifier si les frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires vivent plus longtemps que la moyenne nationale, nous avons comparé la survie des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires sous observation avec celle de leurs cohortes de naissance québécoises respectives. Dans un premier temps, nous avons calculé

⁴⁵ Taux de mortalité extraits de la *Human Mortality Database* : <http://www.mortality.org/>

l'espérance de vie à partir de 50 ans des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires. En ce qui a trait aux cas censurés, nous avons estimé leur âge au décès en utilisant les espérances de vie de leur cohorte respective de naissance à l'âge correspondant à leur dernière observation. À titre d'exemple, nous savons qu'un frère né en 1890 a survécu jusqu'à l'âge de 71 ans, sans toutefois avoir d'information précise sur sa date de décès. L'espérance de vie à 71 ans de la cohorte masculine québécoise de 1890 s'élève à 9,89 ans. Ainsi, son âge moyen au décès est estimé à 80,89 ans. Nous avons procédé de la sorte pour les neuf autres cas censurés. Dans un deuxième temps, nous avons calculé les probabilités de survie de 50 ans à 50+x pour les frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires de même que les intervalles de confiance leur étant associés.

Les probabilités de survie entre x et $x+a$ ont été calculées de la sorte :

$${}_a p_x = 1 - \frac{d(x, x+a)}{Y_x}$$

Où $d(x, x+a)$ représente les décès survenus entre l'âge x et $x+a$ et Y_x , le nombre d'individus ayant survécu jusqu'à l'âge x .

Les probabilités de survie de l'âge de 50 ans à l'âge x se calculent ainsi :

$${}_a p_{50} = S_x = \prod_{i \leq x} \left(1 - \frac{d(i, i+a)}{Y_i} \right)$$

La variance de ces probabilités de survie est obtenue en utilisant :

$$Var(S_x) = S_x^2 * \sum_{i \leq x} \frac{d(i, i+a)}{Y_i(Y_i - d(i, i+a))}$$

Les erreurs standards des probabilités de survie correspondent à la racine carrée de la variance. Les intervalles de confiance des probabilités de survie sont obtenus en utilisant :

$$IC_{95\%}(S_x) = S_x \pm 1.96 * S_x \sqrt{\sum_{i \leq x} \frac{d(i, i + a)}{Y_i(Y_i - d(i, i + a))}}$$

Dans un troisième temps, nous avons construit des tables de mortalité longitudinales représentatives des années de naissance des frères, sœurs, mères et pères des semi-supercentenaires. Les générations « contrôles » ont été obtenues en pondérant les années de naissance par le nombre de frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires appartenant à ces générations. À titre d'exemple, pour un échantillon fictif de 10 personnes parmi lesquelles deux seraient nées en 1878, trois en 1880 et cinq en 1890, la génération contrôle qui lui serait associée serait celle de 1884,6 :

$$1884,6 = \frac{(2 * 1878) + (3 * 1880) + (5 * 1890)}{10}$$

Les générations « contrôles » ainsi calculées pour les frères, sœurs, pères et mères des semi-supercentenaires correspondent aux années 1895,41, 1894,78, 1858,45 et 1862,8 respectivement. Nous avons eu recours aux *Nouvelles tables de mortalité par génération au Canada et au Québec, 1801-1991* (Bourbeau, Légaré et Émond, 1997) pour calculer les tables de mortalité de ces quatre générations. Les *Nouvelles tables de mortalité par génération* étant décennales, nous avons dû appliquer la méthode d'interpolation linéaire pour obtenir les années désirées. Il convient de mentionner que ces tables de mortalité longitudinales incluent les Anglais nés au Québec de même que les immigrants. Ainsi, elles ne s'avèrent pas tout à fait représentatives de la mortalité des Canadiens-français puisque ces derniers affichaient fort probablement une mortalité plus élevée à la fin du 19^e siècle.

Nous avons comparé les espérances de vie et les probabilités de survie associées aux quatre générations « contrôles » à celles des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires. Finalement, nous avons procédé à une analyse de survie basée sur l'estimateur de Kaplan Meier afin de comparer la survie des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires à celle de leurs cohortes de naissances respectives. Nous avons dû transformer les données agrégées des tables de mortalité du Québec en données continues. Le passage du discret au continu s'est effectué en distribuant de manière uniforme les décès d'un âge x selon les jours d'une année. Ainsi, si trois individus sont décédés entre 50 et 51 ans, on estimera que le premier est décédé à l'âge de 50,25 ans (soit 18 354 jours), le deuxième à 50,5 ans (soit 18 445 jours) et le troisième à 50,75 ans (soit 18 536 jours). Une fois cette opération complétée, nous disposons des survies en jours des individus associés aux quatre tables de mortalité du Québec représentatives des sujets à l'étude.

5.3 Résultats

Le tableau XVIII compare les espérances de vie à 50 ans des frères, sœurs, pères et mères des semi-supercentenaires à celles de leurs cohortes de naissance respectives. Les espérances de vie à 50 ans des frères et sœurs se situent respectivement à 27,12 et 31,26 ans. L'espérance de vie des frères est 15% plus élevée que celle de la génération québécoise masculine correspondante. Cet avantage de survie est un peu moins prononcé chez les sœurs, lequel se chiffre à 12%. Les gains en espérance de vie s'avèrent encore plus importants chez les parents des semi-supercentenaires. En effet, l'âge moyen au décès est 24% et 20% plus élevé chez les pères et les mères respectivement que celui de leurs cohortes de naissance respectives. Dans l'ensemble, on peut affirmer que l'avantage de survie est plus prononcé chez les hommes que chez les femmes et plus marqué chez les parents que chez les frères et sœurs des semi-supercentenaires.

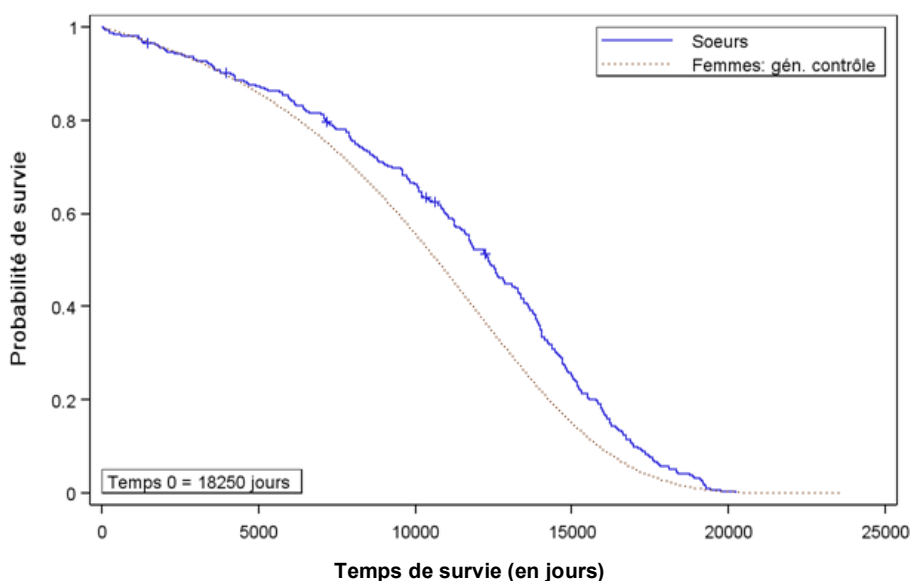
Tableau XVIII
 Comparaison des espérances de vie à 50 ans des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires à celles de leurs générations respectives du Québec, générations 1833 à 1915

Espérance de vie à 50 ans		Génération du Québec*		Années en plus
Frères	27,12	Hommes	23,57	3,55
Sœurs	31,26	Femmes	27,94	3,32
Pères	26,56	Hommes	21,37	5,19
Mères	28,39	Femmes	23,57	4,82

*Moyenne pondérée de l'espérance de vie à 50 pour les cohortes de naissance respectives des sujets à l'étude.

Tel qu'illustré à la figure 24, les probabilités de survie des sœurs des semi-supercentenaires sont nettement supérieures à celles associées aux femmes de la génération « contrôle ». Toutefois, cet avantage de survie ne commence à s'observer qu'à partir de la durée 5 000, soit environ 64 ans. L'écart le plus prononcé se situe entre les durées 10 000 et 14 000, soit entre 77 et 88 ans. Les différences de survie entre les sœurs des semi-supercentenaires et leurs cohortes de naissance respectives sont significatives à un seuil inférieur à 0,01%.

Figure 24
 Comparaison des probabilités de survie des sœurs des semi-supercentenaires à celles de leurs générations respectives du Québec, générations 1870-1912

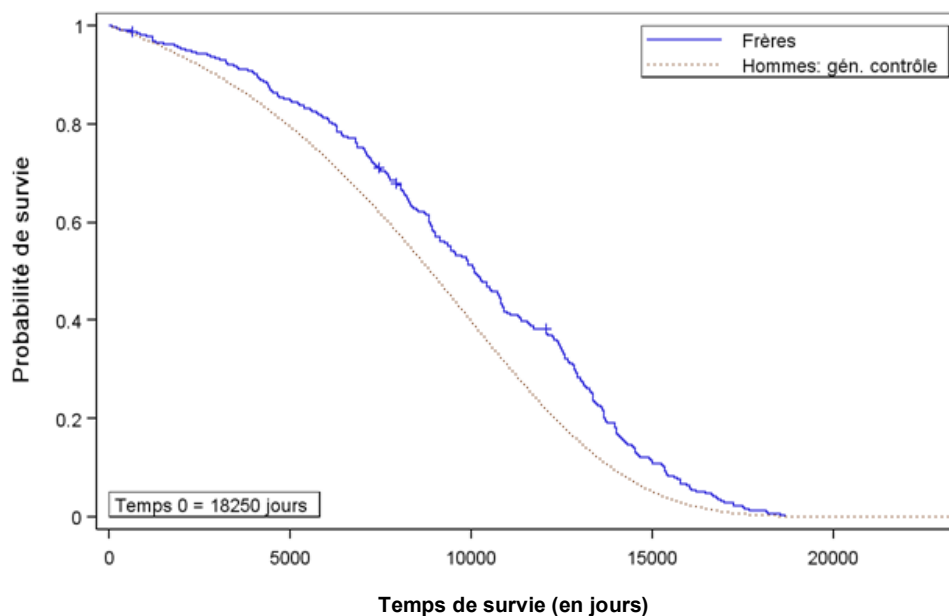


Source: Base de données sur la longévité canadienne

La courbe de survie des frères des semi-supercentenaires se situe également bien au-dessus de celle relative à leurs cohortes de naissance respectives (figure 25). Les courbes commencent à se distancer l'une de l'autre vers l'âge de 53 ans (durée 1 250). Ainsi, l'avantage de survie des frères se manifeste un peu plus tôt que chez les sœurs des semi-supercentenaires. On constate que l'écart entre les deux courbes se maintient au même niveau entre les durées 5 000 et 11 000 pour ensuite se creuser davantage, témoignant d'un avantage de survie plus prononcé aux environs de 78 ans. À partir de cet âge, les courbes convergent pour finalement se rejoindre à l'âge correspondant à la dernière observation au sein de notre échantillon. Les différences de survie entre les frères des semi-supercentenaires et la génération « contrôle » sont également significatives à un seuil inférieur à 0,01%.

Figure 25

Comparaison des probabilités de survie des frères des semi-supercentenaires à celles de leurs générations respectives du Québec, générations 1871-1915



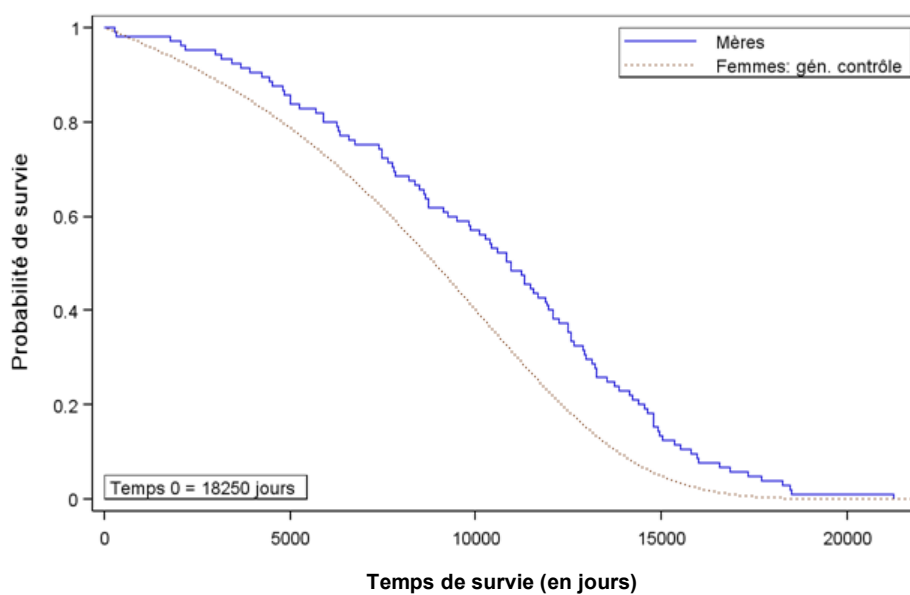
Source: Base de données sur la longévité canadienne

Les mères et les pères présentent un profil de survie encore plus avantageux que celui des frères et sœurs des semi-supercentenaires (figures 26 et 27). Les distances entre les courbes sont nettement plus marquées que ce qu'on pouvait observer du côté des frères et des sœurs. Chez les mères, l'avantage de survie commence dès l'âge de 51

ans et s'avère plus prononcé entre 77 et 91 ans (durées 10 000 et 15 000). En ce qui concerne les pères, les courbes commencent à se distancer dès le début du continuum d'âges et cet écart se creuse entre 69 ans et 77 ans (durées 6 500 et 10 000). À l'instar des résultats afférents aux frères et sœurs des semi-supercentenaires, les différences de survie entre les parents et leurs cohortes de naissances respectives sont significatives à un seuil inférieur à 0,01%.

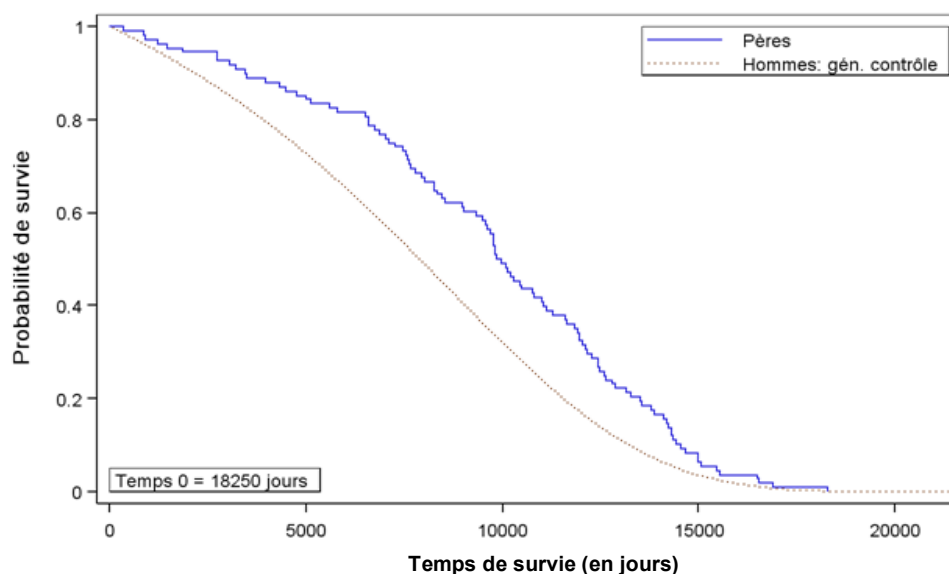
Figure 26

Comparaison des probabilités de survie des mères des semi-supercentenaires à celles de leurs générations respectives du Québec, générations 1844-1875



Source: Base de données sur la longévité canadienne

Figure 27
 Comparaison des probabilités de survie des pères des semi-supercentenaires à celles de leurs générations respectives du Québec, générations 1833-1875



Source: Base de données sur la longévité canadienne

Les tableaux XIX et XX comparent les probabilités de survie et leurs intervalles de confiance respectifs, de 50 ans à l'âge x , des frères, sœurs, pères et mères des semi-supercentenaires à celles de leurs générations respectives québécoises. On constate l'écart considérable entre les probabilités de survie des membres des familles de semi-supercentenaires et celles de leurs générations « contrôles ». En ce qui concerne les sœurs, les écarts de survie deviennent substantiels à partir de 70 ans, les estimations associées à la génération « contrôle » se situant à l'extérieur des bornes de l'intervalle de confiance de la probabilité de survie des sœurs des semi-supercentenaires. Ainsi, les sœurs des semi-supercentenaires ont 1,7 fois plus de chance de survivre jusqu'à 90 ans et 3,3 fois d'être centenaire. Chez les frères, l'avantage de survie est statistiquement significatif jusqu'à l'âge de 90 ans. Les frères des semi-supercentenaires ont notamment 1,9 fois plus de chance d'atteindre l'âge de 90 ans que les membres de leur cohorte de naissance respective.

Tableau XIX
 Comparaison des probabilités de survie des frères et sœurs des semi-supercentenaires de 50 ans à l'âge x à celles de leurs générations respectives du Québec, générations 1870-1915

Probabilité de survivre de 50 ans à l'âge...	Femmes			Hommes		
	Sœurs des semi-supercentenaires	Génération du Québec*	Probabilité de survie relative	Frères des semi-supercentenaires	Génération du Québec*	Probabilité de survie relative
60	0,9075 (0,8743-0,9407)	0,9062	1,0014 (0,9648-1,0381)	0,9116 (0,8791-0,9441)	0,8651	1,0538 (1,0162-1,0913)
70	0,7945 (0,7584-0,8306)	0,7410	1,0722 (1,0235-1,1209)	0,7211 (0,6767-0,7655)	0,6268	1,1504 (1,0796- 1,2213)
80	0,5993 (0,5553-0,6433)	0,4705	1,2738 (1,1802-1,3673)	0,4184 (0,3705-0,4663)	0,3064	1,3655 (1,2092- 1,5219)
90	0,2877 (0,2433-0,3321)	0,1664	1,7290 (1,4621-1,9958)	0,1259 (0,0920-0,1598)	0,0646	1,9489 (1,4241- 2,4737)
100	0,0514 (0,0278-0,0750)	0,0157	3,2739 (1,7707-4,7771)	0,0034 (0,0000-0,0100)	0,0023	1,4783 (0,0000-4,3478)

*Moyenne pondérée des probabilités de survie de 50 ans à l'âge x pour les cohortes de naissance respectives des sujets à l'étude.

Les écarts observés entre la survie des parents de semi-supercentenaires et les générations « contrôles » sont nettement plus impressionnants. Les mères des semi-supercentenaires ont 1,7 fois plus de chance de survie jusqu'à 80 ans et 3 fois de plus chance d'atteindre 90 ans que les membres de leur cohorte de naissance respective. En ce qui concerne les pères, les écarts de survie s'avèrent significatifs jusqu'à l'âge de 80 ans. Ainsi, les pères des semi-supercentenaires ont 1,7 fois plus chance d'atteindre l'âge de 80 ans que la génération « contrôle » qui leur est associée.

Tableau XX
 Comparaison des probabilités de survie des parents des semi-supercentenaires de 50 ans à l'âge x à celles de leurs générations respectives du Québec, générations 1833-1875

Probabilité de survivre de 50 ans à l'âge...	Femmes			Hommes		
	Mères des semi-supercentenaires	Génération du Québec*	Probabilité de survie relative	Pères des semi-supercentenaires	Génération du Québec*	Probabilité de survie relative
60	0,9238 (0,8731-0,9745)	0,8582	1,0764 (1,0174-1,1355)	0,8889 (0,8296-0,9482)	0,8117	1,0951 (1,0221-1,1682)
70	0,7524 (0,6809-0,8239)	0,6303	1,1937 (1,0803-1,3072)	0,7407 (0,6744-0,8070)	0,5430	1,3641 (1,2420- 1,4862)
80	0,4857 (0,4063-0,5651)	0,3130	1,5518 (1,2981-1,8054)	0,4167 (0,3362-0,4972)	0,2432	1,7134 (1,3824-2,0444)
90	0,1905 (0,1254-0,2556)	0,0627	3,0383 (2,0000-4,0766)	0,0926 (0,0420-0,1432)	0,0493	1,8783 (0,8519-2,9047)
100	0,0286 (0,0000-0,0584)	0,0021	13,6190 (0,0000-27,8095)	0,0093 (0,0000-0,0265)	0,0020	4,6500 (0,0000-13,2500)

*Moyenne pondérée des probabilités de survie de 50 ans à l'âge x pour les cohortes de naissance respectives des sujets à l'étude.

5.4 Conclusion

Notre étude sur la survie des frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires canadiens-français confirme leur avantage de survie comparativement aux membres de leurs cohortes de naissance respectives. Les probabilités de survie de 50 à 90 ans

s'avèrent 1,6 (sœurs) à 3 fois (mères) plus élevées que celles observées au sein des générations « contrôles ». De plus, de manière générale, cet écart de survie s'avère statistiquement significatif jusqu'à 90 ans. Les valeurs associées aux probabilités de survie relatives de 50 à 80 ans des pères et des mères de nos semi-supercentenaires sont pratiquement identiques à celles afférentes aux parents des supercentenaires étudiés par Perls et *al.* (2007) (1,71 et 1,55 comparativement à 1,68 et 1,39). La comparaison des probabilités de survie de 50 à 90 ans révèle quant à elle un avantage de survie plus marqué chez les mères des supercentenaires américains. En effet, alors que la probabilité de survie relative des mères des semi-supercentenaires québécois se chiffre à 3,03, cette valeur atteint 5,83 chez les mères des supercentenaires américains. Les probabilités de survie jusqu'à 90 ans des pères des semi-supercentenaires s'apparentent toutefois à celles des parents de supercentenaires, quoique ces dernières ne s'avèrent pas statistiquement significatives. À l'instar des résultats de Perls et *al.* (2007), les comparaisons des probabilités de survie ne permettent pas de conclure à une relation positive entre l'âge au décès des centenaires et l'avantage de survie des parents. En ce qui concerne les frères et sœurs des semi-supercentenaires, toute comparaison avec les échantillons de centenaires de Perls et *al.* (2002, 2007) ou de Willcox et *al.* (2006) s'avèrent hasardeuses puisque ces derniers ont calculé des probabilités de survie relatives à partir de 20 et non de 50 ans.

Au terme de ces analyses, il ne fait nul doute que la longévité se concentre au sein de certaines familles. Parmi les 134 familles de semi-supercentenaires analysées dans le cadre de cet article, une d'entre elles se vaut d'être présentée pour les âges exceptionnels auxquels ses membres ont survécu. La semi-supercentenaire en question s'est éteinte en 2002 à l'âge de 106 ans, 6 mois et 23 jours. La reconstitution de sa famille a révélé l'existence d'une sœur centenaire, cette dernière ayant vécu jusqu'à l'âge de 101 ans, 11 mois et 24 jours. Nous avons également découvert qu'une de ses sœurs avait vécu jusqu'à 89 ans, et deux autres jusqu'à 88 ans. Fait encore plus surprenant, sa mère s'est éteinte en 1977 à l'âge vénérable de 108 ans. Ce cas illustre sans contredire l'avantage de survie partagé par les membres d'une famille comptant des individus ayant atteint des âges limites de la vie. Tel que mentionné en début d'article,

cette longévité extrême peut être le résultat de facteurs environnementaux et génétiques. Toutefois, considérant le caractère relativement homogène de la population sous étude, de même que le maintien de cet avantage au fil des âges⁴⁶, tout porte à croire que la génétique joue un rôle déterminant dans l'atteinte des âges extrêmes de la vie.

L'étude menée par Alain Gagnon et ses collaborateurs⁴⁷ sur l'impact des conditions de vie vécues durant l'enfance sur la survie aux grands âges contribuera à lever le voile sur cette question. Dans le cadre de leurs analyses, ils cherchent notamment à savoir si l'avantage de survie des frères et sœurs de centenaires canadiens-français peut être en partie expliqué par les habitudes et conditions de vie partagées durant l'enfance. Leur étude se base sur un échantillon de plus de 3 000 frères et sœurs de centenaires, pour lesquels des informations sur le niveau d'éducation atteint, le statut socio-économique, les langues maîtrisées, le lieu de résidence, etc., ont été collectées.

Une des forces de notre étude réside dans la qualité des données recueillies sur les frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires. En effet, non seulement avons-nous été en mesure de reconstituer la quasi-totalité des familles sous observation, mais également de valider la grande majorité des âges au décès des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires. En raison de la taille de notre échantillon, nous avons analysé la survie des frères et sœurs issus de familles dont certains membres étaient encore en vie à la fin de la période d'observation. L'augmentation de la taille de l'échantillon de semi-supercentenaires nous permettrait entre autres de restreindre notre analyse qu'aux familles éteintes et ce, sans pour autant affecter la puissance statistique des résultats. En ce qui concerne les actes de décès introuvables, nous pourrions envisager de contacter les membres des familles concernées pour recueillir les âges au décès manquants. Malgré ces quelques limites, les résultats de notre étude demeurent robustes et contribuent sans aucun doute à l'approfondissement des connaissances entourant la composante familiale de la longévité.

⁴⁶ Perls et *al.*, 2002.

⁴⁷ Projet de recherches en cours intitulé « *Can early life conditions explain survival to a very old age?* » Ce projet est financé par le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.

Conclusion générale

Au terme de cette thèse, nous voulions être en mesure d'identifier et de quantifier les causes de l'augmentation du nombre de centenaires au Québec, de se prononcer sur la qualité des données québécoises aux grands âges et de confirmer l'avantage de survie des frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires. Pour ce faire, nous avons réalisé trois études en lien avec les objectifs précédemment exposés. Dans le cadre d'un premier article, nous avons étudié l'évolution du nombre de centenaires au Québec depuis le début du 20^e siècle sur la base d'indicateurs démographiques tels le ratio de centenaires, les probabilités de survie et l'âge maximal au décès. Nous avons également procédé à la décomposition des causes de l'accroissement du nombre de personnes âgées de 100 ans et plus à la fin du 20^e siècle au Québec. Dans le cadre du deuxième article, nous avons validé les décès de centenaires canadiens français de confession catholique nés et décédés au Québec et appartenant aux générations 1870-1894. Nous avons comparé les mesures de la mortalité des centenaires calculées à partir des décès observés (sans correction) à celles basées sur les décès de vrais centenaires en vue de porter un jugement sur la qualité des données québécoises aux grands âges. Finalement, dans le cadre du troisième article, nous avons comparé la survie des frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires à celle de leurs cohortes de naissance respectives afin de se prononcer sur la composante familiale de la longévité extrême.

Cette conclusion est l'occasion de revenir et de discuter de manière plus générale des principaux résultats associés à chacun des trois articles de cette thèse. Nous voulons entre autres faire le pont entre les objectifs de départ et les résultats issus des différentes analyses. Nous insisterons sur les résultats ayant contribué à l'avancement ou à l'approfondissement des connaissances dans le domaine de la survie aux grands âges. Nous discuterons de leur impact sur le développement et l'orientation des recherches futures. Finalement, nous exposerons et discuterons de certaines difficultés rencontrées dans la réalisation de notre travail.

Principaux résultats

Les résultats de cette thèse répondent aux objectifs préalablement fixés. Au terme des différentes analyses, nous sommes effectivement en mesure de nous prononcer sur les causes de l'augmentation du nombre de centenaires québécois à la fin du 20^e siècle et sur leur contribution respective, de porter un jugement sur la qualité des données québécoises aux grands âges et de juger du caractère héréditaire de la longévité extrême. Dans l'ensemble, cette thèse met en lumière l'accroissement important qu'a connu la population de centenaires au Québec, de même que la qualité des données québécoises aux grands âges, lesquelles nous ont permis d'analyser les trajectoires de mortalité à partir de 100 ans. Elle témoigne également de l'avantage de survie des frères, sœurs et parents d'un échantillon de semi-supercentenaires, et conséquemment, confirme les résultats associés aux études portant sur la longévité familiale.

De façon spécifique, il ressort que :

- De 1921 à 2007, le nombre de centenaires est passé de 9 à 888 chez les femmes, et de 6 à 124 chez les hommes; pour l'ensemble de la période d'observation, les populations féminines et masculines ont été multipliées par 94 et 21. De 1961 à 2006, le ratio des hommes centenaires (RC_{60}) est passé de 11,6 à 27,6. Chez les femmes, cet indice a été multiplié par 8 en l'espace de 45 ans.
- L'augmentation du nombre de centenaires au fil des générations 1871 à 1901 est principalement attribuable à l'augmentation de la probabilité de survie de 80 à 100 ans. En effet, chez les hommes, la probabilité de survie de 80 à 100 ans a été multipliée par un facteur de 3,10 alors que la taille des cohortes de naissance a été multipliée par un facteur de 1,34 et la probabilité de survie de la naissance à 80 ans, par un facteur de 1,26. Chez les femmes, les coefficients multiplicateurs se chiffrent respectivement à 3,68, 1,35 et 2,14. Ces résultats confirment ce qui a été observé en Suisse (Robine et Paccaud, 2005) et en Angleterre (Thatcher, 2001).

- Les données québécoises en ce qui a trait aux décès de l'état civil des centenaires canadiens-français de confession catholique nés et décédés au Québec s'avèrent d'excellente qualité. Sur les 1 900 cas soumis au processus de validation, 96,1% ont été validés. Parmi ces derniers, nous avons identifié 337 dates de naissance erronées (17,7%) dont seulement 84 sont associées à un changement d'âge au décès et 44 à des cas de faux centenaires. La qualité des données québécoises se doit d'être reliée au système rigoureux d'enregistrement des naissances, décès et mariages instauré en 1621 sous le régime français.

- L'évolution du profil de mortalité à partir de 100 ans témoigne d'une décélération de la mortalité avec l'âge. Ainsi, les quotients de mortalité continuent d'augmenter mais à un rythme beaucoup plus lent. La trajectoire de mortalité décrite par les données québécoises suit une loi logistique plutôt qu'exponentielle. Autant chez les femmes que chez les hommes, les quotients de mortalité plafonnent aux alentours de 45%. Ces résultats avoisinent ceux issus des études conduites par Poulain, Chambre et Foulon (2001) sur les centenaires belges, et par Vaupel et Gampe (2009) sur 800 supercentenaires de l'*International Database on Longevity*⁴⁸, de même que ceux obtenus à partir des données de la *Kannisto-Thatcher Database*.

- Les frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires sous observation présentent un avantage de survie statistiquement significatif comparativement à leurs cohortes de naissance respectives. L'espérance de vie à 50 ans des frères et sœurs se chiffrent à 27,12 ans et 31,26 ans respectivement, comparativement à 23,57 ans et 27,94 ans pour les hommes et les femmes associés aux générations « contrôles ». Les pères et les mères des semi-supercentenaires vivent en moyenne 5,19 et 4,82 ans de plus que les populations de référence. Au terme des différentes analyses, on peut affirmer que ce sont les parents, et plus spécifiquement les mères, qui présentent le profil de mortalité le plus

⁴⁸ Cette analyse se base uniquement sur des supercentenaires dont l'âge au décès a été validé par le couplage des actes de décès et de baptême. Au sein des pays ou territoire considérés, on retrouve notamment la France, les États-Unis, l'Allemagne, l'Italie, le Japon et le Québec.

avantageux comparativement à leur génération « contrôle ». Les sœurs des semi-supercentenaires ont 1,7 fois plus de chance de survivre de 50 à 90 ans que leurs contemporaines. Chez les frères, cette probabilité relative s'élève à 1,9, alors que chez les mères et les pères, elles se chiffrent à 3,0 et 1,9 respectivement. Ces résultats se comparent à ceux issus des études conduites par Perls et *al.* (2002, 2007) sur des centenaires américains et Willcox et *al.* (2006) sur des centenaires d'Okinawa.

Contribution à l'avancement et à l'approfondissement des connaissances dans le domaine de la longévité

Certains aspects méthodologiques et résultats méritent d'être soulignés pour leur contribution à l'avancement et à l'approfondissement des connaissances dans le domaine de la survie aux grands âges. L'augmentation du nombre et des proportions de centenaires au cours des dernières décennies ne représente plus un secret pour la majorité de la population québécoise. Toutefois, les analyses menées dans le cadre du premier article nous ont permis de mesurer l'ampleur de ce phénomène et de quantifier la contribution respective de chacun des déterminants de l'accroissement du nombre de centenaires québécois à la fin du siècle dernier. Les tendances observées diffèrent entre les hommes et les femmes; jusqu'au milieu des années 1990, on constate un décalage d'une vingtaine d'années entre les sexes, le cap des 10 et 100 centenaires ayant été atteint 20 ans plus tard chez les hommes que chez les femmes. De plus, depuis le début des années 1990, les effectifs d'hommes centenaires semblent vouloir se stabiliser autour d'une centaine d'individus. Les femmes accusant de meilleures probabilités de survie aux grands âges, la population de centenaires a toujours compté plus de femmes que d'hommes. La proportion de femmes centenaires a cependant augmenté au fil du 20^e siècle, étant passé de 63,1% à 87,2%. Tel que mentionné précédemment, l'augmentation de la probabilité de survie de 80 à 100 ans s'inscrit comme principal facteur de l'accroissement du nombre de centenaires et ce, autant chez les hommes que chez les femmes.

Selon les projections de population basées sur le scénario de référence de l'Institut de la Statistique du Québec, le nombre de centenaires continuera de s'accroître au cours des prochaines décennies et ce, à un rythme toujours aussi soutenu. Une telle tendance rend nécessaire la mise sur pied d'enquêtes portant sur la population de centenaires. Jusqu'à ce jour, les enquêtes québécoises sur la population âgée ont ciblé les personnes âgées de 65 ou 80 ans et plus et ne permettent pas d'isoler les plus âgés. Toutefois, nous savons que les caractéristiques démographiques et socio-économiques, ainsi que les profils de santé diffèrent grandement entre les personnes âgées («old») et très âgées («oldest-old»). Des enquêtes portant sur les centenaires québécois nous permettraient d'en apprendre davantage sur les comportements et caractéristiques de cette population et mèneraient à l'implantation de mesures économiques et sociales adéquates et efficaces dans un contexte de société vieillissante.

Le processus de validation entourant les âges au décès des centenaires nous a permis de juger de la qualité des données québécoises en ce qui a trait aux décès de l'état civil. Bien que le couplage de données soit une pratique courante dans le domaine de la démographie historique, c'est la première fois qu'une telle démarche est entreprise pour une si grande population. Le processus de validation s'est étalé sur une période de deux ans, la recherche de certains actes de baptême pouvant parfois prendre plusieurs heures. Pour les centenaires dont l'acte de baptême demeure à ce jour introuvable, nous avons mis fin à la recherche lorsque nous avons le sentiment que toutes les pistes avaient été explorées. Il convient ici de rappeler qu'un acte de naissance introuvable n'est pas nécessairement garant d'un âge au décès erroné. En effet, une naissance hors Québec, un déménagement ou encore un registre paroissial lacunaire sont au nombre des raisons pouvant expliquer un acte de baptême manquant. Les informations contenues dans les recensements se sont avérées précieuses pour la recherche des actes de baptême. En effet, pour les cas où l'acte de baptême n'apparaissait pas dans les registres des paroisses mentionnées dans l'acte de mariage des parents, nous pouvions orienter notre recherche sur la base du lieu de résidence enregistré dans les recensements. Le taux de réussite associé à la recherche des actes de baptême est ainsi largement tributaire de la qualité et de la diversité des sources d'information pouvant

être mises à contribution. Si on ajoute à cela un peu de patience et de persévérance, on obtient des résultats tels que ceux obtenus dans le cadre du deuxième article.

Sur la base des résultats de la validation des âges au décès des centenaires canadiens-français des générations 1870-1894, on peut affirmer que les données québécoises aux grands âges sont d'excellente qualité. Ainsi, nous croyons que le processus de validation n'est plus un passage obligé pour ceux et celles désirant étudier ou produire des estimations de la mortalité au-delà de cent ans au Québec. Depuis le milieu des années 1980, les erreurs de déclaration se font plus rares, l'Institut de la Statistique du Québec procédant à une vérification systématique des âges au décès en confrontant les dates de naissance et de décès déclarées. Il convient ici de rappeler que notre étude ne se base que sur les décès de Canadiens français nés au Québec. Nous pouvons vraisemblablement étendre les résultats de notre validation au groupe formé des Anglais, Irlandais et Écossais nés au Québec, lesquels ont également bénéficié d'un système rigoureux d'enregistrement des naissances, mariages et décès. Toutefois, nous ne pouvons supposer que les informations afférentes aux centenaires nés à l'extérieur du Canada sont d'aussi bonne qualité que celles relatives aux Canadiens français de confession catholique nés au Québec. La véracité des âges déclarés au décès de la population immigrante est souvent remise en question. Le climat politique et les conditions socio-économiques du pays d'origine, les fausses déclarations liées au processus d'immigration et aux perspectives d'emploi en terre d'accueil sont au nombre des raisons pouvant expliquer l'incertitude entourant l'âge déclaré au décès. Ainsi, il convient de préciser que les mesures de mortalité produites à partir des données agrégées comporteront leur part d'inexactitudes considérant qu'elles incluent les décès de la population immigrante.

L'évolution des quotients de mortalité des centenaires canadiens-français des générations 1870-1894 confirment la décélération de la mortalité aux âges avancés, et incidemment, les résultats associés à l'étude conduite par Thatcher et *al.* (1998) sur 13 pays dont les données aux grands âges ont été jugées d'excellente qualité. Eu égard aux records de longévité mondiaux, au rendement des pays présentant les meilleures

espérances de vie au monde et à l'impact des facteurs environnementaux et psychosociaux sur la longévité, il s'avère difficile de croire en une limite biologique à la vie humaine. Chose certaine, si une telle limite existe, elle ne peut être définie considérant les progrès incessants en matière de survie aux grands âges. Tous ceux ayant osé fixer une limite à la vie humaine ont vu cette dernière être dépassée quelques décennies plus tard.

Nous ne pouvons passer sous silence la qualité de l'information collectée sur les frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires. Grâce à des recherches minutieuses et extensives, nous avons été en mesure de retrouver 97,6% des actes de baptême des frères et sœurs et 87,3% des actes de baptême des parents. En ajoutant les dates de naissances confirmées par les dates de naissance saisies dans les recensements de 1881, 1901 et 1911 et celles jugées probables, des proportions s'élevant à 99,8% et 96,3% ont été atteintes pour les frères et sœurs et parents respectivement. La recherche des actes de décès a également été fructueuse et facilitée par l'information contenue dans les actes de baptême. En effet, nous avons pu corriger ou compléter l'information manquante quant aux noms, prénoms, dates de naissances des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires. Ainsi, nous avons retrouvé 84% des actes de décès des frères et sœurs et 86,9% des actes de décès des parents. Le dernier aspect qui mérite d'être souligné concerne le degré de complétude des familles des semi-supercentenaires. En effet, en se basant sur les intervalles intergénéraliques observés, seulement 7 des 134 familles pourraient être incomplètes, et pour l'ensemble de celles-ci, il ne nous manquerait au plus que deux naissances par famille. En considérant ce scénario, 14 enfants se trouveraient absents de notre base de données. Avec un pourcentage de cas manquants se chiffrant au maximum à 1,1%, on peut affirmer que notre base de données est complète. Ainsi, contrairement à la grande majorité des études sur la survie des frères et sœurs de centenaires, nous ne sommes pas aux prises avec un problème de sous-dénombrement des décès survenus avant l'âge de 20 ans (Perls et *al.*, 2002, 2007 ; Willcox et *al.*, 2007).

Notre base de données sur les frères et sœurs de semi-supercentenaires contient également de l'information fragmentaire sur leurs époux et épouses. Une suite logique à cette étude pourrait donc consister à recueillir de l'information détaillée sur ces derniers en vue de différencier l'impact des facteurs environnementaux de celui des facteurs génétiques sur la survie aux grands âges. Cette base de données contient également de l'information précieuse sur le taux de fécondité et la mortalité infantile au 19^e siècle au Québec. En effet, jusqu'à tout récemment, nous ne disposions que de grossières estimations sur ces deux phénomènes. Bien entendu, il se pourrait que le taux de fécondité et la mortalité infantile associés aux familles de semi-supercentenaires se distinguent de ceux de l'ensemble de la population. Cela constitue une avenue de recherche fort intéressante et qui pourrait être vérifiée en comparant les résultats obtenus avec un échantillon «contrôle». Finalement, notre base de données permet également l'étude des mouvements migratoires des familles canadiennes-françaises au 19^e et début du 20^e siècle. En effet, les paroisses où ont été enregistrés les actes de baptême, mariage et sépulture des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires de même que les lieux de résidence saisis dans les différents recensements nous permettent de suivre les déplacements de cette sous-population. Il s'agit d'informations rares considérant qu'une telle analyse n'a jamais été entreprise pour cette époque.

Sur la base de l'ensemble des études menées dans le domaine de la longévité nous sommes portés à croire que la génétique joue un rôle considérable dans l'atteinte des âges extrêmes de la vie. Notre étude sur la survie des frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires abonde dans ce sens. Bien que cette dernière ne permette pas de dissocier l'influence des facteurs environnementaux des facteurs génétiques sur la survie aux grands âges, quelques éléments nous invitent à penser que la génétique joue un rôle majeur dans l'atteinte des âges extrêmes de la vie. En effet, le maintien de l'avantage de survie des frères, sœurs et parents au fil des âges et le caractère relativement homogène de la population sous étude attestent de l'importance des facteurs génétiques dans l'explication des cas d'extrême longévité. Tel que souligné par Perls et *al.* (2002), si l'avantage de survie des frères, sœurs et parents des centenaires était principalement attribuable à des facteurs environnementaux, celui-ci

diminuerait au fil des âges. Or, contrairement aux facteurs environnementaux, la sous-mortalité des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires se maintient avec l'âge (Perls et *al.*, 2002; Willcox et *al.*, 2006).

Dans leur article paru en 2007, Perls et *al.* voulaient notamment vérifier si l'avantage de survie des frères et sœurs de supercentenaires était plus important que celui observé chez les frères et sœurs de centenaires. Les résultats de leur analyse ne confirment pas cette hypothèse. Autrement dit, l'âge au décès des centenaires ne semble pas avoir d'impact sur l'avantage de survie de leurs frères et sœurs. Les résultats de notre étude sur les frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires abondent également dans ce sens. La comparaison peut être établie en confrontant les probabilités de survie relatives à partir de 50 ans des pères et mères de semi-supercentenaires à celles des pères et mères des supercentenaires de l'étude de Perls et *al.* (2007). Ainsi, les mères des semi-supercentenaires canadiens-français et des supercentenaires américains ont respectivement 1,55 et 1,39 fois plus de chance d'atteindre 80 ans que leurs cohortes de naissance correspondantes. Ces probabilités de survie relatives s'élèvent à 1,71 et 1,68 pour les pères des semi-supercentenaires et supercentenaires. L'écart se creuse toutefois chez les mères pour la probabilité de survie de 50 à 90 ans. En effet, les mères des supercentenaires ont 5,83 fois plus de chance d'atteindre l'âge de 90 ans que leur génération « contrôle » contrairement à 3,03 pour les mères des semi-supercentenaires sous étude. Les probabilités de survie jusqu'à 90 ans des pères des semi-supercentenaires s'apparentent à celles des pères des supercentenaires, quoique ces dernières ne s'avèrent pas significatives d'un point de vue statistique. Ainsi, contrairement à ce que nous avons obtenu pour les pères de notre échantillon de semi-supercentenaires, les différences de survie entre les pères des supercentenaires tirés de l'étude de Perls et *al.* (2007) et leurs cohortes de naissance respectives ne s'avèrent pas significatives à 90 ans. Sur la base de ces résultats, on peut suggérer que l'avantage de survie jusqu'à 90 ans des frères, sœurs et parents des centenaires ne varie pas selon que ces derniers aient franchi ou non le cap des 105 ou 110 ans.

Limites et implications

Dans le cadre de notre analyse sur les facteurs responsables de l'augmentation du nombre de centenaires québécois à la fin du 20^e siècle, nous avons dû utiliser les naissances enregistrées dans les recensements de 1871 et 1881, de même que l'estimation produite par l'Institut de la Statistique du Québec pour les naissances de l'année 1901. Ces effectifs doivent être considérés pour ce qu'ils sont, c'est-à-dire une approximation plus ou moins précise du nombre réel de naissances. De plus, ne disposant d'aucune information concernant les naissances survenues en 1891, nous avons dû estimer ces dernières en supposant une augmentation linéaire des naissances entre 1881 et 1901.

Puisque les naissances enregistrées dans les recensements ne concernent que celles survenues sur le territoire québécois, nous avons tenté de corriger les effectifs de survivants à 80 et 100 ans afin d'exclure les immigrants de l'analyse. Ainsi, nous avons estimé la proportion d'immigrants à partir des informations contenues sur le lieu de naissance des centenaires des générations à l'étude. La qualité de cette information ayant grandement varié au cours de la période, les proportions d'immigrants ainsi obtenues peuvent parfois s'éloigner de la réalité. De plus, faute d'information, il nous a été impossible d'ajuster les effectifs de survivants à 80 et 100 ans pour tenir compte des individus nés au Québec mais décédés à l'extérieur de la province. Malgré tout, nous avons tiré profit du maximum d'informations dont nous disposions et avons ajusté les données au meilleur de notre connaissance.

Une des limites associées au deuxième article concerne la validation des décès survenus avant 100 ans. Pour des questions de temps et de ressource, nous avons restreint la validation aux décès survenus à 99 ans. Sur la base des résultats obtenus, nous avons jugé que le risque de retrouver des vrais centenaires au sein des décès survenus avant 99 ans était relativement minime. Toutefois, considérant la fréquence des erreurs consistant en des différences de 10 ou 20 ans entre les dates de naissance réelle et officielle, il se pourrait que des décès de vrais centenaires aient été déclarés à

90 ou 80 ans. Bien que le scénario idéal consiste en une validation de tous les âges au décès survenus au-delà de 80 ans, une prochaine étape plus réaliste pourrait consister en la validation des décès déclarés à 90 ans.

Les limites associées au troisième article concernent principalement la sélection des frères, sœurs et parents ayant contribué à l'analyse de survie. Nous avons rejeté de l'analyse les frères, sœurs et parents pour lesquels l'acte de décès était introuvable. Considérant la proportion d'actes manquants, il serait étonnant que le retrait de ces derniers ait biaisé les résultats obtenus. Toutefois, il se pourrait que les individus ayant immigré (une des causes possibles d'un acte de décès manquant) présentent un profil de mortalité plus désavantageux que celui des frères et sœurs analysés.

Pour maximiser le nombre d'observations, nous avons retenu toutes les familles des semi-supercentenaires, même si les générations des derniers-nés n'étaient pas éteintes à la fin de la période d'observation. Un des problèmes associés à cette démarche est qu'il s'avère impossible de savoir si l'individu dont l'acte de décès demeure introuvable est toujours en vie. Il serait donc pertinent de tenter l'analyse en ne retenant que les familles de semi-supercentenaires dont tous les membres sont de générations éteintes à la fin de la période d'observation. Ainsi, la survie de tous les membres des familles serait considérée et les cas rejetés ne consisteraient qu'en des individus décédés pour lesquels l'acte de décès est introuvable en raison notamment d'une émigration hors Québec. Pour ces cas dont l'acte de décès est introuvable, nous pourrions également envisager d'interviewer les membres de la famille afin de compléter l'information manquante.

Nous avons reconstitué les familles d'un groupe de semi-supercentenaires dont l'âge avait été préalablement validé. Nous avons jugé pertinent d'entreprendre le processus de validation des âges au décès pour les frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires en question. Au sein des 586 frères et sœurs décédés au-delà de 50 ans, l'acte de baptême a été retrouvé pour 96,1% d'entre eux. Parmi les 23 cas dont l'acte de baptême demeure introuvable, 21 ont vu leur âge au décès confirmé par les

dates de naissance enregistrées dans l'un ou l'autre des recensements. Les deux derniers cas sont associés à des individus pour lesquels la date de naissance a été confirmée indirectement par leur date de mariage. Ainsi, on peut affirmer que notre analyse sur la survie des frères et sœurs des semi-supercentenaires repose entièrement sur des données validées. Le scénario est quelque peu différent du côté des parents. En effet, l'acte de baptême s'est avéré introuvable pour 31 (14,6%) d'entre eux. Parmi ces derniers, les informations contenues dans les recensements nous ont permis de valider les âges au décès de 23 d'entre eux. Ainsi, nous avons inclus à l'analyse 8 cas pour lesquels l'âge au décès n'a pu être validé. Avec le recul, peut-être aurions-nous dû les rejeter de l'analyse et ne poursuivre celle-ci qu'avec les cas validés. Nous avons préféré maximiser le nombre d'observations et avons jugé que le nombre de cas non validés avait peu de chance d'affecter les courbes de survie des parents de semi-supercentenaires.

Une prochaine étape à cette étude sur la survie des frères, sœurs et parents de semi-supercentenaires pourrait notamment consister à augmenter la taille de l'échantillon de centenaires. Considérant que l'âge au décès des centenaires a peu d'impact sur la survie de leurs frères, sœurs et parents, nous pourrions étendre l'analyse aux centenaires décédés avant l'âge de 105 ans. En répétant l'analyse sur un plus grand échantillon de frères, sœurs et parents, nous aurions la certitude que les résultats obtenus dans le cadre de cette étude sont représentatifs de la survie des familles de centenaires.

L'étude menée par l'équipe d'Alain Gagnon⁴⁹ sur l'impact des conditions de vie infantiles sur la survie aux grands âges s'inscrit comme une suite logique à notre analyse sur la survie des frères, sœurs et parents des semi-supercentenaires. En effet, en se basant sur les caractéristiques sociodémographiques contenues dans les recensements de 1901 et 1911, il s'agit de dissocier l'impact des conditions de vie vécues durant l'enfance de celui des facteurs génétiques dans l'atteinte des âges extrêmes de la vie.

⁴⁹ Projet de recherches en cours intitulé « *Can early life conditions explain survival to a very old age?* » Ce projet est financé par le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.

Malheureusement, ce sont là les seules informations sociodémographiques dont nous disposons sur les centenaires. Ainsi, bien que cela se présente comme une avenue de recherche incontournable et nécessaire, nous ne sommes pas outillés pour départager l'impact des conditions de vie vécues durant l'âge adulte, ou encore, l'impact des trajectoires de vie (scolaires, sociales, familiales et professionnelles) de celui de la génétique sur la survie aux grands âges. *L'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes - Vieillesse en santé*⁵⁰ et *l'Étude longitudinale canadienne sur le vieillissement* (ELCV)⁵¹, lancées en 2008 et 2009, constituent un premier pas dans cette direction. Bien qu'elles n'aient pas spécifiquement pour cible la population formée des centenaires, ces deux enquêtes nous permettront notamment de mieux comprendre le processus du vieillissement chez les personnes âgées de 45 ans et plus, de même que les déterminants du bien-être et de la santé chez les personnes âgées. Des liens pourront être établis entre les caractéristiques sociales, démographiques, géographiques et économiques des individus et le vieillissement en bonne santé.

⁵⁰ *L'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes – vieillissement en santé* fait partie du programme de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes de Statistique Canada.

⁵¹ L'ELCV est une initiative des Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC), principal organisme fédéral de recherche en santé au Canada, par l'intermédiaire de leur Institut du vieillissement.

Bibliographie générale

Arking R. 1991. *Biology of Aging: Observation and Principles*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 420 p.

Avlund K., Damsgaard M.T., Holstein B.E. 1998. « Social relations and mortality: An eleven year follow-up study of 70-year old men and women in Denmark. » *Social Science & Medicine*, 47: 635-643.

Baird P.A. 1996. « Le rôle de la génétique dans la santé des populations ». Dans *Être ou ne pas être en bonne santé : biologie et déterminants sociaux de la maladie*, sous la dir. de R.G. Evans, M.L. Barer, T.R. Marmor, Montréal : Les Presses de l'Université de Montréal, pp. 143-168.

Blackburn M.-È., Bourbeau R., Desjardins B. 2004. « Hérité et longévité au Québec ancien. » *Cahiers québécois de démographie*, 33(1):9-28.

Beeton M., Pearson K. 1901. « On inheritance of the duration of life, and on the intensity of natural selection in man. » *Biometrika*: 50-89.

Behm H., Vallin J. 1982. « Mortality Differentials among Human Groups. » Dans *Biological and Social Aspects of Mortality and Length of Life*, édité par S. Preston. Liège, Belgique: Éditions Ordina, pp. 11-37.

Blanche H. et al. 2001. « A study of French centenarians: are ACE and APOE associated with longevity? » *Life Science*, 324: 129-135.

Bourbeau R. 2002. « L'effet de la « sélection d'immigrants en bonne santé » sur la mortalité canadienne aux grands âges. » *Cahiers québécois de démographie*, 31(2): 249-274.

Bourbeau R., Lebel A. 2000. «Mortality Statistics for the Oldest-old: An Evaluation of Canadian Data . » *Demographic Research*, 2 (2): 36 p.

Bourbeau R., Légaré J., Émond V. 1997. «Nouvelles tables de mortalité par génération au Canada et au Québec, 1801-1991». *Document démographique*, La conjoncture démographique, No. 3, Statistique Canada, catalogue 91F0015MPF, 285 p.

Bourbeau R., Desjardins B. 2000. «Mortality at Extremes Ages and Data Quality : The Canadian Experience.» *Centre Interuniversitaire d'études démographiques*, Université de Montréal. Version préalable présentée au séminaire *Human Longevity, Individual Life Duration, and the Growth of the Oldest-Old Population*, Montpellier France, 23-26 octobre 2000.

Bourbeau R., Desjardins B. 2002. «Dealing with Problems in Data Quality for the Measurement of Mortality at Advanced Ages in Canada. » *North American Actuarial Journal*, 6 (3): 1-13.

_____. 2006. «Mortality at Extreme Ages and Data Quality: The Canadian Experience. » Dans: *Human Longevity, Individual Life Duration and the Growth of the Oldest-Old Population*, Robine J.-M., Crimmins E.M., Horiuchi S., Zeng Y. (eds.). Springer (Série: International Studies in Population, vol. 4), Chapter 8, pp. 167-185.

Bourgeois-Pichat J. 1952. « Essai sur la mortalité biologique de l'homme. » *Population*, 7(3): 381-394.

Boushey C.J. et al. 1995. « A quantitative assessment of plasma homocysteine as a risk factor for vascular disease. Probable benefits of increasing folic acid intakes. » *Journal of the American Medical Association*, 274: 1049-1057.

Buffon G.L.L. 1749. *Oeuvres complètes*. Paris: P Duménil Éditeur (Édition de 1836).

Carey J.R., Judge D.S. 2001. « Principes de biodémographie avec référence particulière à la longévité humaine. » *Population*, Revue de l'INED, 1-2 :13-49.

Carey J.R., Liedo P., Orozco D., Vaupel J.W. 1992. «Slowing of mortality rates at older ages in large medfly cohorts. » *Science*, 258: 457-461.

Caselli G., et al. 2006. «Family clustering in Sardinian longevity: A genealogical approach. » *Experimental Gerontology*, 41: 727-736.

Caselli G., Rasulo D, Robine J.-M. À paraître. « Variations régionales du rapport de féminité en Italie. » Dans : *Du genre et de l'Afrique : Hommage à Thérèse Locoh*, Vallin J. (ed.). Paris : INED.

Ceria C.D., et al. 2001. « The relationship of Psychosocial Factors to Total Mortality Among Older Japanese-American Men : The Honolulu Heart Program. » *Journal of the American Geriatrics Society*, 49: 725-731.

Christensen, K., Vaupel J.W. 1996. «Determinants of longevity: genetic, environmental and medical factors. » *Journal of International Medicine*, 240: 333-341.

Comfort A. 1964. *Ageing: The Biology of Senescence*. London, Routledge, 365p.

Curtsinger J.W., Fukui H.F., Townsend D.R., Vaupel J.W. 1992. «Demography of genotypes: failure of limited life-span paradigm in *Drosophila Melanogaster*. » *Science*, 258: 461-463.

Cutler R.G. 1985. «Biology of aging and longevity. » *Gerontol. Biomed. Acta* 1: 35-61.

De Benedictis G., et al. 1999. « Mitochondrial DNA inherited variants are associated with successful aging and longevity in humans. » *The Federation of American Societies for Experimental Biology Journal*, 13: 1532-1536.

Desjardins B., Charbonneau, H. 1990. « L'héritabilité de la longévité. » *Population*, 45(3) : 603-616

Desjardins, B. 1999. « Validation of Extreme Longevity Cases in the Past: The French-Canadian Experience. » Dans Jeune, B. et Vaupel, J.W. (eds), *Validation of Exceptional Longevity*, Monographs on Population Aging, 6, Odense : Odense University Press, pp. 65-78.

_____. B. 2006. « Exceptional Longevity in Quebec (Canada), Past and Present. » In *biochimica clinica 2006, vol. 30, Suppl. N. 1(Gennaio-Febbraio): Longevity in Sardinia "The Centenarian Island," Orroli, 15 maggio 2006*, Deiana L., Vaupel J.W. (eds.), S14-S15.

Desjardins B., Bourbeau R. (À paraître, juin 2010). « The emergence of supercentenarians in Canada ». Dans: *Supercentenarians*, Maier, H., Gampe, J., Jeune, B., Robine, J.-M. et Vaupel, J. W. (eds.), Berlin: Springer, pp. 55-70.

Desrosiers D., Gregory J. E., Piché V. 1976. « Migrations au Québec : mesures, causes, effets et politiques ». *Cahiers québécois de démographie*, 5(3) : pp. 9-51.

Dupâquier J., Dupâquier M. 1985. *Histoire de la démographie : la statistique de la population des origines à 1914*. Paris, Librairie Académique Perrin, 462 p.

Eichner J.E., et al. 1993. « Relation of apolipoprotein E phenotype to myocardial infarction and mortality from coronary artery disease. » *American Journal of Cardiology*, 71: 160-165.

Farrer L.A., et al. 1997. « Effects of age, sex, and ethnicity on the association between apolipoprotein E genotype and Alzheimer disease. » A meta-analysis. APOE and Alzheimer Disease Meta Analysis Consortium. *Journal of the American Medical Association*, 278: 1349-1356.

Francesci C., et al. 1995. « The immunology of exceptional individuals: the immortality. » *Immunology Today*, 16: 12-16.

Freskens, E.J., et al. 1994. « Apolipoprotein e4 allele and cognitive decline in elderly men. » *British Medical Journal*, 309: 1202-1206.

Fries J.F. 1980. « Aging, natural death, and the compression of morbidity. » *New England Journal of Medicine*, 303: 130-135.

Gavrilov L.A., Gavrilova N. 1997. « Parental age at conception and offspring longevity. » *Reviews in Clinical Gerontology*, 1: 5-12.

_____. 2001. « Biodemographic Study of Familial Determinants of Human Longevity. » *Population: An English Selection*, 13(1): 197-221.

Gompertz B. 1825. « On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. » *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 115: 513-585.

_____. 1872. « On one uniform law of mortality from birth to extreme old age, and on the law of sickness. » *Journal of Institute of Actuaries*, 16: 329-344.

Gonos E.S. 2000. « Genetics of aging: lessons from centenarians. » *Experimental Gerontology*, 35: 15-21.

Graunt J. 1661. *Observations Naturelles et Politiques Répertoirees dans l'Index ci-après et faites sur les Bulletins de Mortalité*, édition critique par E. Vilquin. INED, Paris.

Gudmundsson H., et al. 2000. « Inheritance of human longevity in Iceland. » *European Journal of Human Genetics*, 8: 743-748.

Heijmans B.T., et al. 1999. « Mortality risk in men is associated with a common mutation in the methylenetetrahydrofolate reductase gene (MTHFR). » *European Journal of Human Genetics*, 7: 197-204.

Heijmans B.T., Westendorp R.G.J., Slagboom P.E. 2000. « Common gene variants, mortality and extreme longevity in humans. » *Experimental Gerontology*, 35: 865-877.

Hirose N., et al. 1997. « Apolipoprotein E phenotype in Japanese centenarians living in Tokyo Metropolitan area. » *Nippon Ronen Igakkai Zasshi*, 34 : 267-272.

Horiuchi S., Wilmoth J.R. 1998. « Deceleration in the Age Pattern of Mortality at Older Ages. » *Demography*, 35(4): 391-412.

Horiuchi S., Finch C.E, Meslé F., Vallin J. 2003. « Differential patterns of age-related mortality increase in middle age and old age. » *Journal of Gerontology: Biological Sciences and Medical Sciences*, 58A: 495-507.

Iachine I.A., et al. 1998. « How heritable is individual susceptibility to death ? The result of an analysis of survival data on Danish, Swedish and Finnish twins. » *Twin Research*, 1: 196-205.

Institut de la statistique du Québec. 2009. *Perspectives démographiques du Québec et des régions*, 2006-2056.

Jiang-Gang Z., et al. 1998. « Apolipoprotein E and longevity among Han Chinese population. » *Mechanical Ageing Development*, 104: 159-167.

Kannisto V. 1994. « *Development of Oldest-Old Mortality, 1950-1990: Evidence from 28 Developed Countries.* » *Monographs on Population Aging*, 1: 108 p.

_____. 1996. *The advancing frontier of survival: life tables for old age*. Monographs on Population Aging, 3: 145 p.

Kerber R.A., O'Brien E., Smith K.R., Cawthon R.M. 2001. «Familial Excess Longevity in Utah Genealogies. » *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, 56A(3): B130-B139.

Krach C., Velkoff V.A. 1999. *Centenarians in the United States*. Current Population Reports, Special Studies, 1990.

Lavoie Y. 1972. *L'émigration des Canadiens aux États-Unis avant 1930, mesure du phénomène*. Les Presses de l'Université de Montréal, 88 p.

Ljunquist B., et al. 1998. « The effect of genetic factors for longevity: a comparison of identical and fraternal twins in the Swedish Twin Registry. » *Journal of Gerontology. A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 53: M441-M446.

Makeham W.M. 1867. « On the law of mortality ». *Journal of the Institute of Actuaries*, 13: 325-358.

Manton K.G., Yashin A.I. 2000. *Mechanisms of Aging and Mortality : The Search for New Paradigms*, Odense Monographs on Population Aging, 7, Odense University Press, 174 p.

Martel S. 2003. *La démographie des centenaires du 20^e siècle selon les sources officielles canadiennes*. Document non publié préparé dans le cadre d'un cours universitaire.

Martelin T., Koskinen S., Valkonen T. 1998 « Sociodemographic mortality differences among the oldest old in Finland. » *Journal of Gerontology: Psychological Sciences and Social Sciences*, 53B: S83-S90.

Meslé F., Vallin J., Robine J.-M. 2000. «Vivre plus de 110 ans en France», *Gérontologie et Société*, Fondation nationale de gérontologie, 94 : 101-120.

Ministère de la Main-d'œuvre et de l'Immigration, *Statistiques de l'immigration*, Division de l'Immigration du Canada, Ottawa, 1966 à 1996.

Pearl R., Pearl R.D. 1934. *The Ancestry of the Long-lived*. New-York: Arno Press, 168 p.

Perls T.T., Terry D. 2003. « Genetics of exceptional longevity. » *Experimental Gerontology*, 38: 725-730.

Perls T.T., et al. 2002. «Life-long sustained mortality advantage of siblings of centenarians. » *PNAS*, 99(12): 8442-8447.

_____. 2007. « Survival of Parents and Siblings of Supercentenarians. » *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 62A(9): 1028-1034.

Poon L.W., Johnson M.A., et al. 2000. « Psycho-social predictors of survival among centenarians. » Dans: *Centenarians, Autonomy Versus Dependence in the Oldest Old*, Paris: Springer Co., pp.77-89.

Poulain M., Chambre D., Foulon M. 1999. « Centenarian validation in Belgium. » Chapitre dans Jeune B., Vaupel J.W. (eds.), *Validation of exceptional longevity*, Odense University Press, pp. 97-118.

Poulain M., Chambre D., Foulon M. 2001. « La survie des centenaires belges (générations 1870-1894). » *Population*, revue de l'INED, 1-2 : 133-158.

Poulain M., Naito K. 2004 « L'évolution de la longévité à Okinawa, 1921-2000. » *Cahiers québécois de démographie*, 33 (1) : 29-49.

Poulain M., et al. 2004. « Identification of a geographic area characterized by extreme longevity in the Sardinia island : the AKEA study. » *Experimental Gerontology*, 39: 1423-1429.

Poulain M. (À paraître, juin 2010). « On the age validation of supercentenarians ». Dans Maier, H., Gampe, J., Jeune, B., Robine, J.-M. et Vaupel, J. W. (eds.) *Supercentenarians*, Berlin: Springer, pp. 3-31.

Preston S.H., Elo I., Stewart Q. 1999. « Effects of Age Misreporting on Mortality Estimates at Older Ages. » *Population Studies*, 53: 165-177.

Räihä I., et al. 1997. « Effect of serum lipids, lipoproteins, and apolipoproteins on vascular and nonvascular mortality in the elderly. » *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 17: 1224-1232.

Robine J.-M. 2001. « A new biodemographic model to explain the trajectory of mortality. » *Experimental Gerontology*, 36: 899-914.

Robine J.M., Saito Y. 2003. « Survival beyond age 100 : The case of Japan. » *Population and Development Review*, 29, sup : 208-228.

Robine J.M., Saito Y., Jagger C. 2003. « The emergence of extremely old people : the case of Japan. » *Experimental Gerontology*, 38 : 735-739.

Robine, J.-M. et Paccaud, F. 2004. « La démographie des nonagénaires et des centenaires en Suisse. » *Les cahiers québécois de démographie*, 33(1) : 51-81.

Robine et al. 2006. «Differentials in the femininity ratio among centenarians: Variations between northern and southern Italy from 1870. » *Population Studies*, 60(1): 99-113.

Schoenmaker M., et al. 2006. «Evidence of genetic enrichment for exceptional survival using a family approach: the Leiden Longevity Study. » *European Journal of Human Genetics*, 14: 79-84.

Skoog I., et al. 1998. « A population study of apoE genotype at the age of 85: relation to dementia, cerebrovascular disease, and mortality. » *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 64: 37-43.

Skytthe A., Jeune B. 1995. « Danish centenarians after 1800 ». Dans Jeune B., Vaupel J.W. (eds), *Exceptional Longevity: From Prehistory to the Present*, Odense Monographs on Population Aging, 2, Odense : Odense University Press, pp. 55-66.

Statistique Canada, *La statistique de l'état civil par année de 1921 à 1998*, Ottawa.

Statistique Canada, *Recensements canadiens de 1901 à 1951 (aux 10 ans) et 1956 à 2006 (aux 5 ans)*, Ottawa.

Sutter J., Tabah L. 1952. « La mortalité, phénomène biométrique. » *Population*, 1: 69-94.

Takata H., et al. 1987. « Influence of major histocompatibility complex region genes on human longevity among Okinawan-Japanese centenarians and nonagenarians. » *Lancet*, 6563: 824-826.

Thatcher R., Kannisto V., Vaupel J.W. 1998. *The Force of Mortality at Ages 80 to 120*. Odense University Press, Odense, 104 p.

Thatcher R. 2001. «La démographie des centenaires en Angleterre et au Pays de Galles. » *Population*, INED, 1-2 : 159-179.

Tilvis R.S., Strandberg T.E., Juva K. 1998. « Apolipoprotein E phenotypes, dementia and mortality in a prospective population study. » *Journal of American Geriatric Sociology*, 46: 712-715.

Vallin, J., Meslé, F. 2001. « Vivre au-delà de 100 ans. » *Population et sociétés*, 365.

Vaupel, J.W., Jeune, B. 1995. « The Emergence and Proliferation of Centenarians. » Dans Jeune, B. et Vaupel, J.W. (eds), *Exceptional Longevity: From Prehistory to the Present*, Monographs on Population Aging, 2, Odense : Odense University Press, pp. 109-116.

Vaupel J.W., et al. 1998. « Biodemographic trajectories of longevity. » *Science*, 280: 855-860.

Vaupel J.W. 2001. « Demographic Insights into Longevity. » *Population: An English Selection*, 13(1): 245-259.

Vaupel, J.W., Gampe, J. 2009. *Supercentenarians and the Theory of Heterogeneity*. Article présenté au XXVI^e Congrès international de la population, Marrakech, 27 septembre au 2 octobre 2009.

Vincent P. 1951. « La mortalité des vieillards. » *Population*, 6(2): 181-204.

Vogt M.T., Cauley J.A., Muller L.H. 1997. « Apolipoprotein E phenotype, arterial disease, and mortality among older women: the study of osteoporotic fractures. » *Genetic Epidemiology*, 14: 147-156.

Walford R.L. 1983. *Maximum Life Span*. New-York: Norton, 256 p.

Westendorp R.G. J., Kirkwood T.B.L. 2001. « Maternal and Paternal Lines of Familial Longevity. » *Population: An English Selection*, 13(1): 223-235.

Willcox B. J., Willcox D. C., He Q., Curb J. D., Suzuki M. 2006. « Siblings of Okinawan Centenarians Share Lifelong Mortality Advantage. » *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, 61A(4): 345-354.

Wilmoth J.R., Lundström H. 1996. « Extreme longevity in five countries: Presentation of trends with special attention to issues of data quality. » *European Journal of Population*, 12(1): 63-93.

Wilmoth et al. 2007. *Methods Protocol for the Human Mortality Database*. <http://www.mortality.org/Public/Docs/MethodsProtocol.pdf>

Wilson P.W., et al. 1994. « Apolipoprotein E alleles, dyslipidemia, and coronary heart disease. The Framingham Offspring Study. » *Journal of the American Medical Association*, 272: 1666-1671.

Yashin A. I., Iachine I.A. 1997. « How frailty models can be used for evaluating longevity limits: taking advantage of an interdisciplinary approach. » *Demography*, 34: 31-48.

Yi Z., Vaupel J.W. 2003. « Oldest-Old Mortality in China. » *Demographic Research*, 8(7): 215-244.

Annexes

ANNEXE I

Comparaison des effectifs de population à 90 ans et plus selon 3 sources de données,
Québec

Années	SEXE MASCULIN			SEXE FÉMININ		
	Données de recensement	Estimations Statistique Canada	Estimations BDLC ¹	Données de recensement	Estimations Statistique Canada	Estimations BDLC ¹
1881	467			517		
1891	562			617		
1901	502			594		
1911	540			674		
1921	565		461	699		704
1931	616		589	811		829
1941	704		767	1088		1148
1951	1041		1010	1614		1617
1956	1202		1131	1879		1927
1961	1371		1359	2209		2332
1966	1829		1823	2895		3007
1971	2375	2418	2158	4005	4075	3709
1976	3055	3146	2488	5665	5753	4863
1981	3255	3282	3150	7295	7391	7076
1986	3975	4014	3893	10235	10431	10024
1991	5055	5112	4425	14250	14453	13612
1996	5450	5587	5446	18305	18601	18281
2001	6845	6706	6710	23435	23332	23573
2006	9480	9334	9229	30950	31024	30841

¹Estimations au 1^{er} juillet et basées sur la méthode des générations éteintes et la méthode des taux de survie

ANNEXE II

Décomposition des facteurs responsables de l'augmentation du nombre de centenaires, périodes décennales, Québec

Facteurs d'augmentation	Effectif (Sx)			Probabilité de survie	
	0 an	80 ans	100 ans	${}_{80}P_0$	${}_{20}P_{80}$
SEXE MASCULIN					
Cohorte de 1871	23741	2282	8	0,0961	0,0035
Cohorte de 1881	27297	3033	15	0,1111	0,0049
Coefficient d'accroissement	1,15	1,33	1,88	1,16	1,41
Cohorte de 1881	27297	3033	15	0,1111	0,0049
Cohorte de 1891	29590	3024	30	0,1022	0,0099
Coefficient d'accroissement	1,08	1,00	2,00	0,92	2,01
Cohorte de 1891	29590	3024	30	0,1022	0,0099
Cohorte de 1901	31882	3865	42	0,1212	0,0109
Coefficient d'accroissement	1,08	1,28	1,40	1,19	1,10
SEXE FÉMININ					
Cohorte de 1871	22490	2511	20	0,1116	0,0080
Cohorte de 1881	25710	3578	46	0,1392	0,0129
Coefficient d'accroissement	1,14	1,42	2,30	1,25	1,61
Cohorte de 1881	25710	3578	46	0,1392	0,0129
Cohorte de 1891	28037	4371	125	0,1559	0,0286
Coefficient d'accroissement	1,09	1,22	2,72	1,12	2,22
Cohorte de 1891	28037	4371	125	0,1559	0,0286
Cohorte de 1901	30363	7264	213	0,2392	0,0293
Coefficient d'accroissement	1,08	1,66	1,70	1,53	1,03
SEXES RÉUNIS					
Cohorte de 1871	46231	4793	28	0,1037	0,0058
Cohorte de 1881	53007	6611	61	0,1247	0,0092
Coefficient d'accroissement	1,15	1,38	2,18	1,20	1,58
Cohorte de 1881	53007	6611	61	0,1247	0,0092
Cohorte de 1891	57627	7395	155	0,1283	0,0210
Coefficient d'accroissement	1,09	1,12	2,54	1,03	2,27
Cohorte de 1891	57627	7395	155	0,1283	0,0210
Cohorte de 1901	62245	11129	255	0,1788	0,0229
Coefficient d'accroissement	1,08	1,50	1,65	1,39	1,09

Source : BDLC et Recensements

Note : Données arrondies

