

Université de Montréal

**Étude de la mortalité aux grands âges à l'aide du Registre  
des décès d'Antananarivo (Madagascar)**

Par :

**Anthony Quinquis**

Département de démographie

Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté à la faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de Maître ès sciences (M.Sc.)  
en Démographie

Avril 2019

© Anthony Quinquis, 2019

**Université de Montréal**  
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé

**Étude de la mortalité aux grands âges à l'aide du Registre des décès  
d'Antananarivo (Madagascar)**

Présenté par :

**Anthony Quinquis**

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Nadine Ouellette  
(directrice de recherche)

Simona Bignami  
(présidente-rapporteuse)

Robert Bourbeau  
(membre du jury)

## Résumé

Depuis 60 ans, la mortalité a fortement décliné à Madagascar, essentiellement aux jeunes âges. La baisse de la fécondité est également marquée depuis environ une vingtaine d'années. La population des 65 ans et plus, qui représente actuellement 3 % de la population totale, est ainsi amenée à occuper une proportion de plus en plus considérable dans les années futures. Sachant que près de 60 % de la population active travaille dans le secteur informel et n'aura pas accès au système de retraite, il devient impératif de mieux comprendre l'évolution récente de la mortalité aux âges avancés afin de pouvoir déterminer l'ampleur du phénomène à venir.

Dans cette optique, la présente recherche analyse l'évolution de l'âge le plus fréquent au décès ( $M$ ), indicateur particulièrement adapté pour rendre compte des changements en matière de longévité. Notre étude se focalise sur Antananarivo, capitale de Madagascar et ville pour laquelle nous disposons de données quasi exhaustives et détaillées sur les décès depuis 1976. En utilisant une méthode de lissage par P-splines, ces données, jumelées à des estimations de la population soumise au risque, nous permettent d'obtenir des estimations relativement précises de l'évolution de  $M$  et de la dispersion des décès au-delà de  $M$ , par sexe.

Nos résultats montrent que d'importants progrès de longévité, en particulier chez les hommes, ont été réalisés dans la capitale malgache depuis le milieu des années 1980. L'augmentation de l'âge modal au décès a également été accompagnée d'une compression de la mortalité au-delà du mode. En d'autres termes, les inégalités devant la mort ont clairement diminué aux âges avancés. Ces avancées s'expliquent principalement par une réduction forte et continue de la mortalité liée aux maladies infectieuses. Cependant, de nouveaux progrès passeront désormais par des mesures visant à réduire la mortalité associée aux affections de l'appareil circulatoire (cardiovasculaire, cérébrovasculaire).

**Mots-clés** : âge modal au décès, dispersion des durées de vie, causes de décès aux grands âges, compression de la mortalité, lissage par P-splines, Afrique subsaharienne, Madagascar

## Abstract

For 60 years now, mortality has been declining sharply in Madagascar, mainly at young ages. Fertility has also decreased significantly in the last two decades. Individuals aged 65 and over, which currently accounts for 3% of the total population, are to represent an increasing share of the population in future years. Given that around 60% of the workforce labors in the informal economy and as a consequence will not have access to a pension system, it becomes crucial to better understand old age mortality in order to determine the extent of the coming phenomenon.

In this context, this research examines the evolution of the modal (i.e. most frequent) age at death ( $M$ ), a suitable indicator for monitoring improvements in old-age survival. Our paper focuses on Antananarivo, the capital and a city for which detailed and virtually complete data on deaths since 1976 are available. From a nonparametric P-spline smoothing approach, and estimates of the population exposed to the risk of death for each year, we obtain relatively accurate estimates of  $M$  and the standard deviation of ages at death above the mode for both sexes.

Our results show that great progress in longevity has been made in Antananarivo since the mid-1980's, especially for men. This increase in modal age at death came with a mortality compression above the mode. In other words, inequalities in old age mortality noticeably narrowed. These positive developments are due primarily to a continued strong reduction in infectious-related mortality. However, further progress will now require efficient measures aimed at fighting circulatory system diseases (cardiovascular and cerebrovascular diseases).

**Keywords:** modal age at death, lifespan dispersion, old-age causes of death, P-spline smoothing, mortality compression, sub-Saharan Africa, Madagascar

# Table des matières

Résumé.....	i
Abstract.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des tableaux.....	v
Liste des figures.....	vi
Remerciements.....	viii
Introduction.....	1
Chapitre 1. Le contexte malgache.....	6
1.1. Situation géographique et climatique.....	6
1.2. Aspects économiques, politiques et sociaux.....	9
1.3. Contexte démographique.....	13
1.3.1. Transition épidémiologique et transition sanitaire.....	13
1.3.2. Transition de la fécondité et transition démographique.....	15
Chapitre 2. Revue de la littérature et questions de recherche.....	18
2.1. Revue de la littérature.....	18
2.1.1. La mortalité à Antananarivo.....	18
2.1.2. L'âge modal au décès comme mesure de tendance centrale des durées de vie.....	20
2.1.3 La dispersion des durées de vie et la compression de la mortalité.....	23
2.1.4 Résultats des principales études concernant l'âge modal au décès.....	26
2.2. Questions de recherche et hypothèses.....	30
Chapitre 3. Sources de données et méthodologie.....	32
3.1. Sources de données.....	32
3.1.1 Présentation des données sur les décès provenant du Bureau Municipal d'Hygiène (BMH) d'Antananarivo.....	32
3.1.2 Qualité des données du BMH.....	34
3.1.3 Autres sources de données utilisées.....	37
3.2. Méthodologie.....	38
3.2.1. Estimations de population.....	38
3.2.1.1. Population totale.....	39

3.2.1.2. Ventilation du groupe d'âges ouvert.....	39
3.2.1.3. Population par groupes d'âges quinquennaux et par année d'âge .....	40
3.2.2. Lissage par P-splines pour estimer l'âge modal et de la dispersion des décès .....	42
3.2.2.1 Taux de mortalité et force de mortalité.....	43
3.2.2.2 Modèle de régression de Poisson.....	43
3.2.2.3 Lissage par P-splines.....	44
3.2.2.4 Fonctions de survie et densité.....	47
3.2.2.5 Méthode bootstrap pour la construction des intervalles de confiance .....	48
3.2.3. Calcul des causes de décès.....	49
Chapitre 4. Résultats et interprétations .....	51
4.1. Estimations de population pour Antananarivo (1975 -2015).....	52
4.2. Évolution de la distribution des décès selon l'âge et la période .....	55
4.3. Évolution de l'âge au modal au décès estimé selon le sexe et la période.....	58
4.4. Évolution des causes de décès survenant au-delà de l'âge modal au décès.....	61
4.5. Évolution de la dispersion des décès survenant au niveau du mode et au-delà.....	66
4.6. Comparaisons avec d'autres sociétés.....	68
Conclusion .....	71
Bibliographie.....	78
Annexe .....	i

## Liste des tableaux

TABLEAU 1.1. Principales crises politiques et économiques malgaches depuis 1960.....	10
TABLEAU 1.2. Taux de fécondité par âge et indice Synthétique de fécondité depuis 1992 selon diverses sources, Madagascar.....	17
TABLEAU 3.1. Table intermédiaire des multiplicateurs de Sprague pour désagréger des groupes d'âges de cinq ans en années d'âge.....	41
TABLEAU 4.1. Estimations de la structure par sexe et âge de la population des 65 ans et plus d'Antananarivo, périodes sélectionnées entre 1975 et 2015.....	55
TABLEAU 4.2. Estimations de l'âge modal au décès et intervalles de confiance bootstrap à 95 % à Antananarivo, selon le sexe et la période .....	60
TABLEAU 4.3. Proportion des décès dus à chacun des huit grands groupes de causes dans le total (toutes causes) des décès survenant au-delà de l'âge modal au décès à Antananarivo, selon le sexe et la période .....	63
TABLEAU 4.4. Proportion des causes spécifiques de décès survenant à l'âge modal au décès et au-delà à Antananarivo, selon le sexe et la période .....	64
TABLEAU 4.5. Valeurs d'écart type des durées de vie au-delà de l'âge modal au décès à Antananarivo, selon le sexe et la période, estimées à l'aide d'une méthode de lissage par P-splines .....	68
TABLEAU 4.6. Âges modaux au décès pour différentes sociétés, sexes confondus.....	70
TABLEAU A.1. Résultats détaillés de l'extrapolation logistique des groupes d'âges ouverts pour chaque sexe (H : hommes, F : femmes) à Antananarivo (en noir les valeurs réelles, en rouge les résultats de l'extrapolation).....	i
TABLEAU A.2. Exemple de ventilation des groupes d'âges quinquennaux par années d'âge avec la méthode des multiplicateurs de Sprague, Hommes, Antananarivo, 2000 à 2003 .....	ii
TABLEAU A.3. Répartition estimée de la population d'Antananarivo par groupes d'âges et par sexe, périodes sélectionnées depuis 1975 .....	v
TABLEAU A.4. Évolution de l'âge modal au décès par année de calendrier estimé selon le sexe à l'aide d'une méthode de lissage par P-splines, Antananarivo, 1976 à 2015.....	vi

## Liste des figures

FIGURE 1.1. Localisation de Madagascar en Afrique .....	7
FIGURE 1.2. Carte sur la densité de la population malgache .....	7
FIGURE 1.3. Répartition des décès tous âges et deux sexes réunis selon le mois, Antananarivo, période 1976-2002 .....	9
FIGURE 1.4. Évolution du revenu national brut (dollars américains constants 2010), Madagascar, 1960-2015 .....	11
FIGURE 2.1. Concept des durées de vie normales introduit par Wilhelm Lexis .....	22
FIGURE 2.2. Distribution des décès (issus de la table de mortalité) selon l'âge pour les hommes du Québec, périodes sélectionnées entre 1921-1924 et 2000-2004 .....	24
FIGURE 2.3. Illustration de la paire d'indicateurs $M$ et $SD(M+)$ , à partir de la distribution des décès (issus de la table de mortalité) selon l'âge pour les femmes du Québec, 2000-2004 .....	25
FIGURE 2.4. Estimations de l'âge modal au décès ( $M$ ) et de l'écart-type des décès au-delà du mode ( $SD(M+)$ ), Canada (1921–2007), France (1920–2009), Japon (1947–2009), et États-Unis (1945–2007) .....	29
FIGURE 3.1. Évolution du délai de déclaration des décès à Antananarivo, 1976-2000 .....	34
.....	34
FIGURE 3.2. Évolution de la précision des déclarations de l'âge au décès à Antananarivo, 1976-2000 .....	35
FIGURE 3.3. Évolution de la proportion de décès dus à une cause mal définie ou indéterminée, Antananarivo, 1976-2015 .....	36
FIGURE 3.4. Illustration de B-splines isolés (a) degré 1; (b) degré 2 .....	46
FIGURE 4.1. Estimations annuelles de l'effectif total (deux sexes et tous âges réunis) de la population d'Antananarivo, 1975-2015 .....	53
FIGURE 4.2. Répartition lissée des décès selon l'âge et le sexe à Antananarivo, 10 à 89 ans révolus, périodes 1986-1990 à 2011-2015 .....	56
FIGURE 4.3. Évolution de l'âge modal au décès des adultes à Antananarivo, selon le sexe et la période, estimé à l'aide d'une méthode de lissage par P-splines .....	59



FIGURE 4.4. Évolution de l'écart type des durées de vie au-delà de l'âge modal au décès à Antananarivo, selon le sexe et la période, estimé à l'aide d'une méthode de lissage par P-splines .....	67
FIGURE A.1. Exemple d'utilisation d'une extrapolation logistique pour estimer les effectifs de la population d'Antananarivo pour le groupe d'âges ouvert débutant à 80 ans, Femmes, 1993.....	i
FIGURE A.2. Pyramides des âges d'Antananarivo, périodes sélectionnées depuis 1975 .....	iii

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier ma famille qui m'a toujours accompagné et soutenu durant mon parcours de vie, malgré la distance qui m'a séparé d'eux une grande partie de ma vie. En particulier, mon père qui m'a inculqué l'importance d'une bonne éducation et ma grand-mère qui a veillé sur moi en son absence.

Je tiens également à remercier tous les membres du Département de démographie (étudiants, profs, personnel administratif) qui ont rendu mes deux années de maîtrise à l'Université de Montréal très agréables, en particulier l'équipe de recherche mortalité et longévité. Marilyn Tremblay et Cecilia Ah-Kion, j'ai beaucoup apprécié notre entraide et les bons moments passés au quotidien. Et puis Robert Bourbeau qui n'est jamais bien loin au besoin et qui contribue grandement au quotidien au bien-être de l'équipe de recherche.

Enfin merci à Bruno Masquelier pour nous avoir partagé ses données ainsi qu'un grand grand merci à Nadine Ouellette, ma directrice de recherche, de par sa grande disponibilité et son soutien inconditionnel à la fois au niveau financier mais aussi académique au travers de ses nombreux précieux commentaires et suggestions dans mes recherches. Sans cet appui, je n'aurais pas été en mesure de réaliser un travail d'une telle ampleur. Merci encore Nadine!

# Introduction

Madagascar, état insulaire d’Afrique subsaharienne, compte en 2018 un peu plus de 25 millions d’habitants. D’après les estimations récentes des Nations Unies (2017), les 65 ans et plus représentent aujourd’hui 3 % de la population totale, soit entre 750 000 et 800 000 individus. La mortalité y a fortement diminué depuis maintenant 60 ans, le taux brut de mortalité passant de 27,7 ‰ sur la période 1950-1955 à désormais 6,9 ‰ sur la période 2010-2015<sup>1</sup>. Au recul marqué de la mortalité s’ajoute une baisse assez conséquente et soutenue du niveau de fécondité, l’indice synthétique de fécondité étant passé de 7,2 enfants par femme en moyenne en 1975 à 4,4 en 2015. Le pays est donc bien avancé dans sa transition démographique. Antananarivo, sa capitale, possède une particularité assez exceptionnelle pour cette région du monde. Elle dispose de registres de décès d’une très grande qualité provenant de son Bureau municipal d’hygiène (BMH), lesquelles ont permis quelques études sur la mortalité. Ces dernières se sont principalement penchées sur les plus grands enjeux auxquels fait face « Tana » et le pays dans son ensemble, à savoir les mortalités infantile, maternelle et aux jeunes âges adultes ainsi que leurs causes sous-jacentes (Waltisperger et coll. 1998, Waltisperger et Meslé 2005, Masquelier et coll. 2014). Dans le cadre de ce mémoire, l’accent sera mis sur la mortalité aux grands âges afin de compléter le portrait global de la mortalité de la capitale malgache. En effet, bien que le vieillissement y soit encore assez marginal, la

---

<sup>1</sup> Un taux de mortalité standardisé serait plus approprié pour des comparaisons temporelles puisqu’il neutraliserait tout changement notable dans la structure par âge de la population. Cependant, faute de données plus précises pour l’ensemble du pays et étant donné que la structure par âge de la population malgache a assez peu évolué entre 1950 et 2015, la référence au taux brut de mortalité semble ici pertinente.

proportion des personnes âgées est amenée à croître au cours des prochaines décennies. Sachant que 56,8 % de la population active œuvre dans le secteur informel et n'aura donc pas accès au système de retraites (Tsikomia 2013), il devient important de s'intéresser à la question de la longévité dans ce pays.

Cette situation n'est d'ailleurs pas unique au cas malgache. Comme le soulignent Masquelier et Kanté (2017), de nombreux pays d'Afrique subsaharienne se trouvent dans une position similaire. La baisse rapide de la mortalité, en particulier aux très jeunes âges, fait en sorte que de plus en plus d'individus survivent jusqu'à l'âge de 60 ans et au-delà, entraînant ainsi une hausse marquée de la population des personnes âgées en nombres absolus, notamment au Nigéria et en Éthiopie. La population des 60 ans et plus d'Afrique subsaharienne est amenée à être multipliée par quatre au cours des quarante prochaines années et elle occupera une place de plus en plus importante au sein de la population totale de la région (de 4,8 % en 2015 à 7,6 % en 2050 (Nations Unies 2017)). Cette croissance, qui est en train de se réaliser à un rythme plus rapide que dans les pays dits développés, donne lieu à de nouveaux défis sur le continent. Leurs implications sur les politiques publiques (santé, retraite, etc.) seront non négligeables car la plupart de ces pays possèdent un système de sécurité sociale insuffisant (Masquelier et Kanté 2017). En effet, la pauvreté y est largement répandue et les systèmes de retraite couvrent seulement une faible proportion de la population.

Traditionnellement, en Afrique subsaharienne, les personnes âgées se tournent vers leur famille élargie pour obtenir du soutien social et financier, par exemple lorsqu'elles rencontrent des problèmes de santé les empêchant de générer des sources de revenu. Cela se traduit le plus

souvent par de la cohabitation intergénérationnelle, mais cette pratique pourrait se retrouver menacée pour diverses raisons. Tout d'abord, la taille même des familles est amenée à rétrécir du fait de la baisse continue observée de la fécondité, bien que la tendance future de cette dernière soit encore incertaine sur le long terme (Gerland et coll. 2017). Dans les pays où le sida est endémique, la surmortalité qui en résulte met ce réseau d'entraide familiale en danger dans la mesure où elle prive de nombreuses familles de leurs principaux pourvoyeurs de soins. La nature du soutien social fourni par la famille pourrait aussi changer en raison des influences de la mondialisation, de la démocratisation et de l'élévation des niveaux d'éducation (Masquelier et Kanté 2017). Plusieurs études indiquent que l'autorité des personnes âgées est en train de diminuer dans les sphères politique, résidentielle et du mariage, et cela pourrait donc fragiliser les obligations traditionnelles de prendre soin des aînés et être préjudiciable pour leur santé et bien-être (Cohen et Menken 2006). À Madagascar plus spécifiquement, la cohabitation intergénérationnelle est culturellement inacceptable contrairement aux autres pays africains, du fait de la promiscuité qui pourrait mettre à mal les bonnes relations intrafamiliales (Rakotonarivo 2010). L'entraide avec les ascendants est donc avant tout une aide matérielle et financière mais reste toutefois relativement modeste en raison des difficultés économiques rencontrées par une grande majorité de la population (Razafindratsima 2007). Dans ce contexte, la mise en place progressive d'actions visant à garantir le bien-être des personnes âgées devient nécessaire et pour cela il convient dans un premier temps de mieux connaître le portrait de la mortalité aux grands âges de la population concernée.

Un indicateur de plus en plus utilisé pour étudier la mortalité aux grands âges est l'âge modal au décès. Dès la fin du XIXe siècle, Lexis (1878) avait identifié cet âge modal au décès, soit la

durée de vie la plus fréquente des adultes, dénotée par  $M$ , comme étant la caractéristique la plus centrale et normale de la longévité humaine. D'après Lexis, tous les décès survenant à  $M$  et au-delà, ainsi que certains se produisant légèrement avant  $M$  (soit ceux décrits par une courbe gaussienne dont la forme est dictée par les décès au-delà de  $M$ ), devaient être considérés comme des décès « normaux ». Cependant, ce n'est qu'après les travaux de Kannisto (2001) que l'indicateur  $M$  retient véritablement l'attention des chercheurs. Cela a donné lieu à de nombreuses études qui se sont, pour la plupart, focalisées sur les pays développés contemporains (Cheung et coll. 2008, 2009; Robine et coll. 2006; Cheung et Robine 2007; Canudas-Romo 2008, 2010; Thatcher et coll. 2010; Ouellette et Bourbeau 2011; Brown et coll. 2012, Clay 2014; Diaconu et coll. 2014, 2016), bien que quelques travaux se soient également intéressés à des sociétés anciennes du XVIIIe siècle telles que la Suède (Robine 2011) ou le Québec (Ouellette et coll. 2012), et même à certaines sociétés modernes de chasseurs-cueilleurs (Gurven et Kaplan 2007). Néanmoins, pratiquement rien n'a encore été fait pour l'étude de la longévité dans les pays en développement, en particulier en Afrique subsaharienne, en raison de données souvent insuffisantes (Waltisperger et Meslé 2005).

Ce mémoire se propose donc de compléter la littérature existante en rendant compte de l'évolution de l'âge modal au décès,  $M$ , depuis 1976 à Antananarivo, capitale de Madagascar et ville pour laquelle nous disposons d'une riche base de données sur la mortalité grâce à l'analyse réalisée par Masquelier et collaborateurs (2014). L'évolution des causes de décès survenant au-delà de  $M$  est également analysée, l'objectif étant d'avoir un premier portrait de la mortalité par grands groupes de maladies aux âges avancés en Afrique subsaharienne.

Dans le premier chapitre, nous décrirons d'abord le contexte malgache sur la période d'intérêt et plus spécifiquement les dimensions géographique, climatique, économique, politique, sociale et démographique. En effet, ces éléments ont un impact important sur la santé des populations. Ils nous permettront de mieux comprendre le cadre dans lequel nous nous situons et seront, par la suite, particulièrement utiles lors de l'interprétation des résultats. Le deuxième chapitre sera consacré à la recension des écrits. Nous y exposerons l'intérêt d'utiliser l'âge modal au décès ( $M$ ) pour étudier la longévité, ainsi que les résultats des principales études ayant déjà été réalisées sur ce sujet. Nous dresserons ensuite la liste de nos questions de recherche. Dans le troisième chapitre nous présenterons les sources de données qui seront utilisées dans le cadre de ce mémoire. Nous y exposerons également les approches méthodologiques adoptées pour réaliser les analyses qui nous permettront de répondre aux questions de recherche. Finalement, le quatrième et dernier chapitre sera consacré à la présentation et l'interprétation des résultats obtenus, avant de conclure sur une discussion qui constituera une réflexion autour des implications de ces résultats en matière de politiques publiques et des tendances futures auxquelles nous pouvons nous attendre.

# Chapitre 1. Le contexte malgache

Le cadre éco-épidémiologique multiniveau du parcours de vie de Kuate-Defo (2014) indique que divers facteurs à la fois macro, méso et micro affectent la santé des individus. Étant donné que les facteurs macros conditionnent tous les autres niveaux, ce premier chapitre a pour objectif de se focaliser sur ceux-ci. Parmi ces facteurs, nous retrouvons principalement l'environnement physique et climatique, économique, politique, social et démographique. Ces éléments seront particulièrement importants pour mettre en perspective les résultats de nos analyses.

## 1.1. Situation géographique et climatique

Madagascar est située à 400 km à l'est des côtes africaines et est constitué d'une grande île de l'océan Indien couvrant une superficie de 587 000 km<sup>2</sup>, pour une population d'environ 25 millions d'âmes (figure 1.1). Cette densité de 40 habitants par km<sup>2</sup> contraste avec celle d'Antananarivo, sa capitale administrative, politique, économique et culturelle, qui elle compte 15 500 habitants par km<sup>2</sup>. En effet, comme nous pouvons l'observer à la figure 1.2, la grande majorité de la population malgache est concentrée sur la côte est du pays. Les premiers habitants de l'île étant originaires d'Indonésie, le pays s'est logiquement peuplé d'est en ouest. L'ouest et le nord du plateau central ont quant à eux peu d'habitants. Cela est dû au fait que ces régions couvrent un environnement physique difficile à apprivoiser entre vastes étendues désertes, massifs rocheux escarpés, affleurements calcaires et vastes zones forestières.



FIGURE 1.1. Localisation de Madagascar en Afrique



Source : L'aménagement linguistique dans le monde – carte disponible sur le site Internet suivant : [www.axl.cefan.ulaval.ca](http://www.axl.cefan.ulaval.ca) (consulté le 15 novembre 2018).

FIGURE 1.2. Carte sur la densité de la population malgache



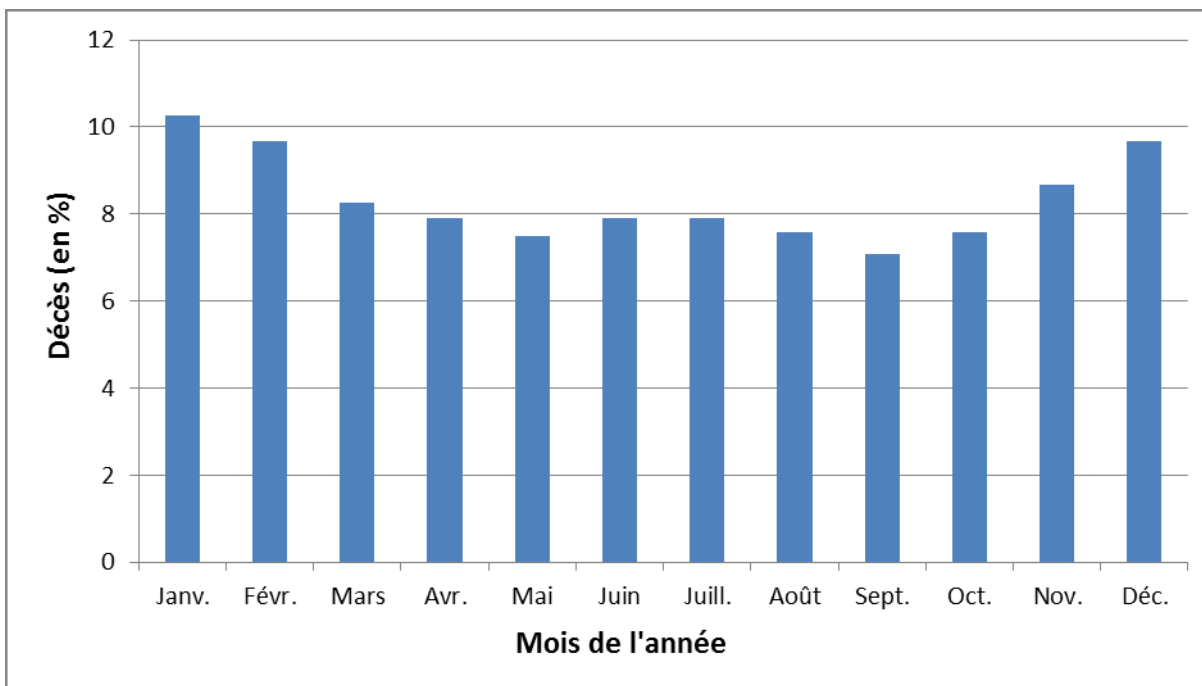
Source : Inspection de l'éducation nationale de l'océan indien – carte disponible sur le site Internet suivant : [www.aefe-ien-madagascar.mg](http://www.aefe-ien-madagascar.mg) (consulté le 15 novembre 2018).

L'insularité d'un état peut constituer un atout ou un frein à son développement. Dans le cas de Madagascar, l'un des pays les plus pauvres du monde, le statut de pays insulaire constitue une barrière non négligeable à l'internationalisation des PME (petites et moyennes entreprises) malgaches. Au-delà du climat social et politique peu propice au développement entrepreneurial, les PME malgaches font en effet face à des coûts élevés de transports en

raison à la fois de l'éloignement géographique, de l'insuffisance des infrastructures et de la faible fréquence des transports de marchandises. Ces facteurs accroissent la pression sur les liquidités de ces PME et constituent ainsi un obstacle au développement économique (St-Pierre et coll. 2017).

Concernant la situation climatique, deux éléments majeurs sont à prendre en considération. Tout d'abord, il faut noter que le pays est victime chaque année de plusieurs catastrophes naturelles (cyclones, inondations, sécheresses etc.) qui engendrent des milliers de décédés et de sinistrés. Madagascar figure parmi les trois premiers pays dans le monde les plus exposés aux risques extrêmes dus au changement climatique. Les coûts économiques sont élevés et l'impact négatif sur les récoltes mène parfois à des pénuries alimentaires, ce qui augmente la vulnérabilité des populations (Banque mondiale 2014, chapitre 5). À titre d'exemple, entre 1990 et 2003, le pays a souffert de six épisodes de grande sécheresse qui ont touché plus de 3,5 millions de personnes et contribué à créer des niveaux élevés d'insécurité alimentaire. Par ailleurs, le climat malgache est principalement tropical, ce qui représente un vecteur de transmission des infections et maladies (paludisme) en particulier pendant la saison des pluies qui dure de novembre à mars (Cantrelle et coll. 2005). Bien qu'Antananarivo soit relativement épargnée en comparaison avec le reste du pays, la figure 1.3 montre tout de même un excès de décès notable durant les mois les plus pluvieux de l'année.

FIGURE 1.3. Répartition des décès tous âges et deux sexes réunis selon le mois, Antananarivo, période 1976-2002



Source : Données tirées de Cantrelle et coll. (2005).

## 1.2. Aspects économiques, politiques et sociaux

L'instabilité politique et économique d'un pays a d'importantes répercussions sur les politiques publiques d'un pays. Il va donc sans dire que l'application et l'efficacité des politiques de santé nécessaires au bien-être de la population s'en trouvent affectées. Au cours des soixante dernières années, la situation a été assez mouvementée à Madagascar (pour un sommaire, voir le tableau 1.1). Le pays, qui était autrefois l'un des plus prospères d'Afrique subsaharienne, fait maintenant partie du top 10 des plus pauvres du monde selon les données du Fonds Monétaire Internationale pour 2018.

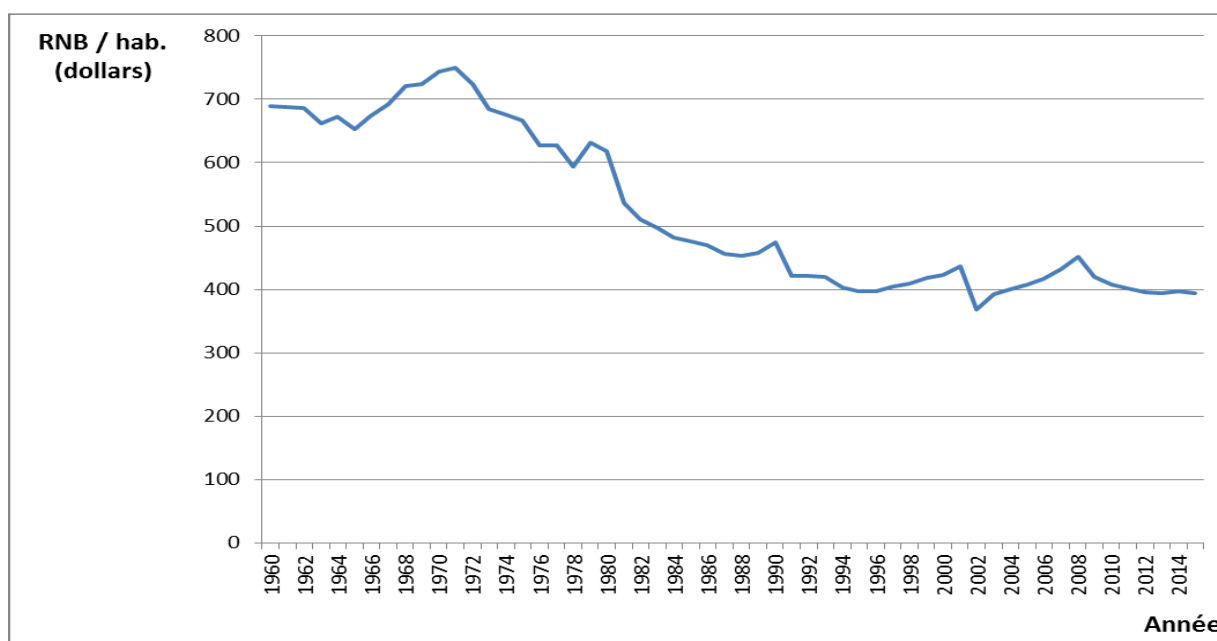
TABLEAU 1.1. Principales crises politiques et économiques malgaches depuis 1960

<b>Année</b>	<b>Évènement</b>
1960	Indépendance de Madagascar
1972	Révolution malgache de mai 1972
1975	Arrivée au pouvoir du régime marxiste socialiste de Didier Ratsiraka (1975-1993)
Milieu des années 1980	Épidémie de paludisme
1991	Révolte d'août 1991
2001	Élections contestées de décembre 2001
2009	Coup d'état de mars 2009

L'année 1960 marque l'indépendance de Madagascar. Après une première décennie prometteuse, l'année 1972 a été touchée par une révolution. La population s'est révoltée et a renversé le président en place en raison des liens étroits qu'il maintenait avec l'ancien pouvoir colonial français. Après un régime de transition militaire ayant duré 3 ans, le régime marxiste socialiste de Didier Ratsiraka (1975-1993) est arrivé au pouvoir. Ce gouvernement a progressivement nationalisé de nombreux secteurs de l'économie dont toutes les activités liées à la transformation et la commercialisation du riz. Cette politique a eu un impact désastreux sur l'économie malgache et jusqu'à présent le pays n'est pas parvenu à se remettre de cette crise comme en témoigne l'évolution du revenu annuel brut par habitant depuis 1960 (figure 1.4). En effet, entre 1975 et 1982 le prix payé aux producteurs a baissé de 25 %, ce qui a eu pour effet de provoquer une démotivation croissante des producteurs et ainsi mené à une pénurie du fait de la baisse de la production couplée à la forte croissance de la population.

Cette crise économique a d'ailleurs conduit à la fermeture des centres de nivaquinisation<sup>2</sup> et même vu la résurgence du paludisme dans la capitale Antananarivo au milieu des années 1980, poussant ainsi les niveaux de mortalité à la hausse (Mouchet et coll. 1997, Waltisperger et coll. 1998, Waltisperger et Meslé 2005, Masquelier et coll. 2014).

FIGURE 1.4. Évolution du revenu national brut (dollars américains constants 2010), Madagascar, 1960-2015



Source : Banque mondiale, Indicateurs du développement dans le monde – base disponible sur le site Internet suivant : <https://databank.banquemondiale.org/data/source/world-development-indicators> (consulté le 20 novembre 2018).

<sup>2</sup> Distribution générale de médicaments antipaludiques.

Cette simultanéité entre crise économique, pénurie alimentaire et hausse de la mortalité n'est guère étonnante. Tout d'abord, il existe très souvent une forte association entre croissance économique et progrès en santé dans les sociétés à dominante rurale et dont une large part des décès sont dues aux maladies infectieuses (Tapia et Ionides 2008), comme c'était le cas de Madagascar dans les années 1970-1980. Dans ce contexte, il n'est pas surprenant d'observer une association similaire entre récession et détérioration de la santé de la population. Ensuite, les interactions entre nutrition et infections sont telles que la malnutrition rend les individus plus vulnérables aux infections et ces mêmes infections aggravent leur statut nutritionnel (Scrimshaw 2003). Cet élément a sans doute facilité la résurgence du paludisme.

Au cours des décennies suivantes, le climat politico-social ne s'est pas vraiment amélioré. En effet, l'année 1991 a été témoin de plusieurs révoltes qui ont abouti à des élections anticipées. La décennie des années 1990 a été marquée par une guerre de pouvoir politique, laquelle a culminé lors des élections de décembre 2001. Suite à des présomptions de fraudes électorales, un climat de fortes violences s'est instauré dans le pays pendant près de 7 mois et l'a mené au bord de la guerre civile. Malgré une amélioration notable de la situation suite à l'arrivée au pouvoir du président Ravalomanana en 2002, le coup d'état de 2009 est venu replonger le pays dans l'instabilité.

En dépit de tous ces éléments, il convient de souligner que la capitale Antananarivo, ville sur laquelle se focalise le présent mémoire, jouit d'une situation favorable, comparée au reste du pays, tant en matière de revenu, d'accès aux soins de santé, de niveau d'éducation ou de qualité des infrastructures (électricité, systèmes d'assainissement des eaux usées, etc.) (Masquelier et coll. 2014).

### **1.3. Contexte démographique**

Malgré son apparente faible densité de population (voir la figure 1.2), Madagascar est en train de vivre une importante croissance démographique, amorcée au début des années 1960, alors que sa population comptait à peine 5 millions d'habitants. La baisse modérée mais constante de la mortalité y a largement contribué, grâce à l'application « massive » de la médecine occidentale, menant à des succès contre les principaux fléaux épidémiques tels la peste et le paludisme, qui limitaient jusque-là l'accroissement de la population (Razafimanjato et coll. 2001). Plus spécifiquement, ces progrès ont été réalisés à la fois à l'aide de mesures de lutte antivectorielle, de campagnes de nivaquinisation et de l'apparition du Programme élargi de vaccination (PEV) de l'Organisation mondiale de la santé, qui vise six maladies (rougeole, diphtérie, tétanos, coqueluche, poliomyélite, tuberculose) (Mouchet et coll. 1997, Cantrelle et coll. 2005). L'espérance de vie à Madagascar, estimée à 66,49 ans pour les deux sexes réunis en 2016, est désormais parmi les plus élevées d'Afrique subsaharienne (Nations Unies 2017).

#### **1.3.1. Transition épidémiologique et transition sanitaire**

Madagascar aurait ainsi débuté sa transition épidémiologique, qui décrit le passage d'un régime à haute mortalité, dans lequel prédominent les maladies infectieuses, à un régime de faible mortalité où les décès sont désormais dus en grande partie aux maladies chroniques liées au vieillissement de la population et aux modes de vie : alimentation, tabac, alcool, manque d'activité physique, etc. (Omran 1971). Cependant, malgré les différentes révisions dont elle a fait l'objet, la théorie d'Omran peine à rendre compte de l'hétérogénéité des

situations observées entre pays et à l'intérieur de ces mêmes pays, en particulier depuis le recul des maladies cardio-vasculaires initié au tournant des années 1970. Des pays qui affichaient des niveaux de mortalité similaires durant les années 1960, comme le Japon et les pays de l'ex-URSS par exemple, présentent aujourd'hui des écarts considérables car au-delà des simples changements épidémiologiques décrits par Omran, d'autres facteurs liés aux transformations sociales et à l'évolution des comportements (les changements culturels, l'évolution scientifique et technologique, le développement économique et l'action politique) affectent la santé et la mortalité des populations. Les chercheurs préfèrent donc désormais se référer au concept de « transition sanitaire » (Frenk et coll. 1991; Vallin et Meslé 2010) plutôt que celui de « transition épidémiologique ». Vallin et Meslé (2010) envisagent pour le moment une transition sanitaire en trois étapes (bien qu'ils n'excluent pas l'inclusion d'étapes ultérieures dans le futur) : 1) la réduction des maladies infectieuses qui correspond à la formulation originale de la théorie d'Omran, 2) la révolution cardio-vasculaire et 3) une étape liée au processus de vieillissement individuel. Il est néanmoins encore trop tôt pour se prononcer avec exactitude sur cette dernière étape car cela n'est actuellement observable que dans un petit nombre de pays très avancés affichant les niveaux de mortalité les plus faibles.

Soulignons que les différentes étapes de la transition sanitaire ne se succèdent pas nécessairement les unes après les autres mais peuvent se « chevaucher », notamment lorsque de gros progrès (ou reculs) ont lieu dans une étape particulière. C'est ainsi le cas d'Antananarivo : la capitale de Madagascar doit maintenant faire face au fardeau des maladies chroniques alors qu'elle n'en a toujours pas fini avec les maladies infectieuses. En effet, durant les 30 dernières années, l'espérance de vie y a fortement augmenté, passant de 54 à 69 ans chez les



femmes et de 46 à 62 ans chez les hommes, surtout grâce au recul de la mortalité infantile (Masquelier et coll. 2014). Selon les auteurs, les progrès de mortalité ont été limités chez les adultes car les gains réalisés en matière de maladies infectieuses ont été compensés par l'augmentation des maladies non transmissibles, dont les maladies cardio-vasculaires et les cancers. Bien que, historiquement, les études sur l'Afrique subsaharienne aient mis l'accent sur la santé des mères et de leurs enfants (Masquelier et Kanté 2017), il semble maintenant important de se pencher sur la mortalité aux âges plus avancés. Par ailleurs, il apparaît important de mentionner que la transition de la fécondité amorcée, si elle se poursuit, mènera graduellement à un vieillissement marqué de la population, qui donnera à son tour un plus gros poids aux maladies non transmissibles dans la mortalité totale.

### **1.3.2. Transition de la fécondité et transition démographique**

La transition de la fécondité, au cours de laquelle les sociétés passent d'un régime de forte fécondité à un régime de basse fécondité, combinée au concept de transition épidémiologique permet d'aboutir au concept de transition démographique, c'est-à-dire au passage d'un régime de mortalité et fécondité élevées à un régime de faibles fécondité et mortalité (Chesnais 1986). Madagascar se trouve en pleine transition démographique. On y observe que l'indice synthétique de fécondité (ISF) est passé de 6,1 à 4,8 enfants par femme entre 1992 et 2009 selon les quatre derniers passages des enquêtes démographique et de santé (tableau 1.2). Quant à Antananarivo, l'ISF est passé de 3,19 à 2,7 durant cette même période (CNRE 1994; INSTAT 1998, 2005, 2010). Au sein des générations, la descendance atteinte à 30 ans est passée de 3,39 à 1,77 enfants par femme entre les générations 1943-1952 et 1963-

1972 (Antoine et coll. 2000). Cela n'est guère étonnant dans la mesure où la capitale jouit de conditions plus favorables que le reste du pays, surtout comparé aux régions rurales malgaches (Masquelier et coll. 2014). Il est clair que la montée du niveau d'éducation au cours du temps a joué un rôle important dans cette baisse observée, les plus scolarisés ayant tendance à entrer en union plus tard, à avoir une attitude favorable à la contraception et un nombre d'enfants désirés plus faible. D'ailleurs, les chiffres indiquent que l'ISF se chiffre à 3,6 contre 6,6 respectivement chez les femmes ayant atteint un niveau d'études secondaires ou plus et celles non scolarisés (Unicef 2014). Cependant, une composante plus structurelle influence également les niveaux de fécondité observés puisque l'on constate également une diminution de la fécondité chez ces dernières (Antoine et coll. 2000).

La poursuite de cette tendance à la baisse de la fécondité reste malgré tout incertaine. En effet, les données les plus récentes provenant de l'enquête nationale sur le suivi des Objectifs du millénaire pour le développement de 2012-2013 indiquent que l'ISF semble s'être stabilisé autour de 5 enfants par femme au niveau national. Cette stagnation, observable tant en milieu urbain que rural, serait principalement due à la relance de la fécondité chez les plus pauvres, avec un ISF passant de 6,8 à 7,9 entre 2008 et 2012 (Unicef 2014). Cette imprévisibilité quant aux tendances futures s'explique par le caractère inadapté de la théorie de la transition démographique au cas malgache et africain d'une manière générale. Cette théorie décrit l'expérience passée des pays développés, qui n'est autre que le produit de leur développement économique et social amorcé à la fin du XVIIIe siècle, alors que dans le cas de nombreux pays africains, la transition démographique en cours résulte en grande partie de l'aide internationale (Kuate-Defo 2014).

TABLEAU 1.2. Taux de fécondité par âge et indice Synthétique de fécondité depuis 1992 selon diverses sources, Madagascar

Groupe d'âges	ENDS 1992 <sup>1</sup>	EDS 1997 <sup>2</sup>	EDSMD-III 2003-2004 <sup>3</sup>	EDSMD-IV 2008-2009
15-19	157	180	150	148
20-24	270	279	245	234
25-29	272	254	235	207
30-34	226	215	189	169
35-39	192	152	130	131
40-44	89	88	69	63
45-49	19	25	17	13
ISF 15-49 ans	6,1	6,0	5,2	4,8

Note: Taux de fécondité par groupe d'âges pour 1 000 femmes.  
<sup>1</sup> *Enquête Nationale Démographique et Sanitaire 1992*. CNRE et Macro International Inc. 1994.  
<sup>2</sup> *Enquête Démographique et de Santé 1997*. INSTAT/DDSS et Macro International Inc. 1998.  
<sup>3</sup> *Enquête Démographique et de Santé de Madagascar 2003-2004*. INSTAT et ORC Macro. 2005.

Source : INSTAT et ICF MACRO (2010, p.64).

## **Chapitre 2. Revue de la littérature et questions de recherche**

Après avoir exposé les principales études sur la mortalité dont a fait l'objet Antananarivo, ce chapitre présentera l'âge modal au décès (i.e. la durée de vie la plus commune) et sa pertinence pour l'étude de la mortalité aux âges avancés. Les résultats des principales études ayant été réalisées sur le sujet seront également exposés. Enfin, la liste des questions et hypothèses de recherche y sera dressée.

### **2.1. Revue de la littérature**

#### **2.1.1. La mortalité à Antananarivo**

La capitale malgache a fait l'objet de trois grandes études sur le thème de la mortalité. La première a été réalisée par Waltisperger et collaborateurs (1998). Dans cet article, les auteurs s'attardent assez longuement sur la qualité des données du Registre des décès collectées par le Bureau municipal d'hygiène (BMH) d'Antananarivo, lesquelles sont présentées plus en détails dans la section 3.1. Concernant la mortalité, ils dressent un portrait général de la capitale malgache, incluant les causes de décès, pour la période 1984-1995. Trois principaux constats en ressortent. Tout d'abord, la période de crise dont le point culminant est situé en 1986 aurait conduit, par rapport à 1984, à une chute de l'espérance de vie à la naissance de près de 6 ans pour les hommes contre 2,5 ans pour les femmes, creusant ainsi l'écart existant entre les deux sexes. Les auteurs montrent ensuite que les gains d'espérance de

vie à la naissance observés pendant la période d'intérêt, soit de 1984 à 1995, sont principalement dus à une réduction d'entre 40 et 50 % des taux de mortalité des enfants de moins de 15 ans, grâce à l'intensification des programmes de santé leurs étant destinés. Pour leur part, les adultes ont connu une stagnation, voire un accroissement de leur niveau de mortalité sur la même période. Enfin, les résultats de l'étude signalent que la mortalité saisonnière, ayant lieu pendant les mois chauds et humides (voir section 1.1), touche principalement les enfants de moins de 5 ans, qui enregistrent près de quatre fois plus de décès qu'en saison froide. Après l'âge de 5 ans, le mouvement saisonnier des décès est très faible.

La seconde étude, menée par Waltisperger et Meslé (2005), s'est focalisée sur le lien entre la situation politico-économique et la mortalité à Tana durant la période 1976-2000. Plus spécifiquement, les auteurs ont cherché à comprendre les mécanismes par lesquelles une crise économique peut mener à une catastrophe sanitaire. Les résultats de cette recherche indiquent que certaines causes de décès sont particulièrement sensibles à la situation économique, dans un contexte de pauvreté. Il s'agit principalement des maladies infectieuses, et dans une moindre mesure celles de l'appareil respiratoire, qui se sont révélées nettement aggravées par la crise. De plus, cette même crise a conduit à l'apparition d'une nouvelle cause de décès quasiment inexistante dans la capitale au début des années 1970 : les carences alimentaires. Enfin, une quatrième cause de décès touchant les hommes surtout s'est montrée très sensible au contexte économique défavorable, soit les morts violentes, qui comme pour les carences alimentaires, connaissent un pic en 1986 au plus fort de la crise.

Enfin, Masquelier et collaborateurs (2014) ont évalué l'évolution de la transition

épidémiologique à Antananarivo entre 1900 et 2012, à partir des Registres de décès disponibles. Ils ont montré que la crise économique a eu pour effet de ralentir le rythme d'évolution de la transition épidémiologique entamée dans les années 1940. Cependant, après 1986 (point culminant de la crise) et sous l'impulsion de la baisse drastique de la mortalité infanto-juvénile, l'espérance de vie à la naissance a connu des progrès constants dans la capitale malgache. Ainsi, elle est passée de 54 à 69 ans chez les femmes et de 46 à 62 ans chez les hommes sur la période 1986-2012, et ce malgré le climat économique-politico-social difficile régnant dans le pays (voir section 1.2). Par ailleurs, les auteurs ont également montré qu'Antananarivo fait désormais face à un double fardeau de maladies. Alors que les infections et les carences alimentaires y sont encore bien présentes, représentant à elles seules près de 20 % du total des décès pendant la période 2008-2012, les maladies non transmissibles occupent une part croissante, en particulier les maladies cardiovasculaires et les cancers.

### **2.1.2. L'âge modal au décès comme mesure de tendance centrale des durées de vie**

Une mesure de tendance centrale vise à résumer en une seule valeur un aspect important d'une distribution statistique, à savoir, sa valeur « dominante » (ou encore « typique », « centrale »). Il existe trois mesures de tendance centrale : la moyenne, la médiane et le mode. L'usage d'un de ces trois indicateurs dans l'étude de la longévité dépend de l'objectif initial de la recherche (Canudas-Romo 2010). Par conséquent, aucun de ces indicateurs n'est a priori « meilleur » que l'autre. Il faut plutôt les voir comme étant complémentaires puisqu'ils nous permettent d'obtenir une perspective différente sur le

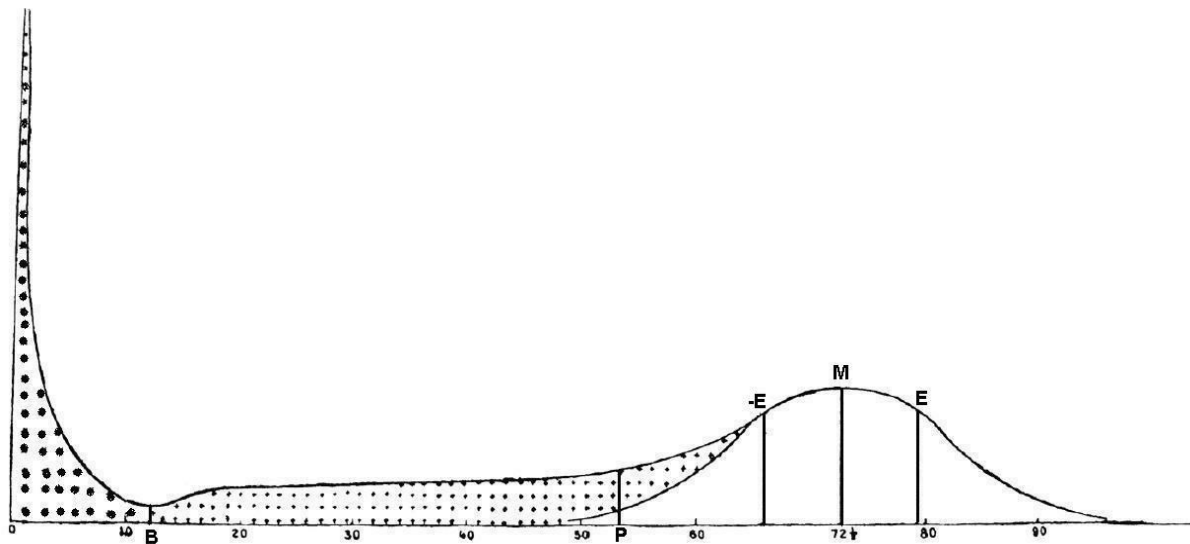
phénomène étudié, dans le cas présent la mortalité.

En démographie, l'espérance de vie à la naissance, c'est-à-dire l'âge moyen au décès, est la mesure de longévité la plus utilisée et la mieux connue auprès des chercheurs et du grand public. Cependant, cet indicateur est fortement influencé par la mortalité aux jeunes âges de la vie, ce qui est aussi le cas de l'âge médian au décès dans une moindre mesure. L'espérance de vie à un âge avancé, par exemple 65 ans, qui considère uniquement la mortalité à partir de cet âge, n'est par ailleurs pas sans limite pour rendre compte de la longévité. Entre autres, de par son caractère fixe concernant l'âge sélectionné (65 ans), cet indicateur tend à sous-estimer l'accroissement (ou le raccourcissement) de la longévité lorsque les conditions de mortalité aux grands âges s'améliorent (ou se détériorent), comme la démonstration mathématique des auteurs Horiuchi et collaborateurs (2013) l'illustre. Pour sa part, l'âge modal au décès ( $M$ ), qui représente la durée de vie la plus fréquente des adultes dans une population donnée, ne présente aucune de ces lacunes et sera toujours le plus robuste face aux valeurs extrêmes parmi les indicateurs de tendance centrale possibles.

Le concept d'âge modal au décès a tout d'abord été introduit par Lexis (1878). Selon ce dernier, il s'agit de la caractéristique la plus centrale et normale de la longévité humaine. Tous les décès survenant à  $M$  et au-delà sont, d'après Lexis, considérés comme des décès « normaux ». Sur la figure 2.1, ces décès normaux correspondent à ceux délimités par la courbe en forme de cloche parfaitement symétrique. Quant aux zones en pointillés, elles correspondent respectivement aux décès prématurés d'enfants (entre la naissance et l'âge B) et d'adultes (entre les âges B et E).

Ce n'est cependant qu'après les travaux de Kannisto (2001) que l'indicateur  $M$  retient véritablement l'attention des chercheurs. Le manque d'intérêt pour  $M$  sur une période aussi longue s'explique entre autres par le fait qu'avant le début des années 2000, l'accroissement de la longévité dans les pays à revenu élevé était essentiellement dû à des améliorations de la mortalité à des âges relativement jeunes.  $M$  étant particulièrement sensible aux améliorations de la survie aux grands âges, il n'était donc pas un indicateur aussi pertinent qu'aujourd'hui pour compléter l'espérance de vie à la naissance dans l'étude de l'évolution de la longévité des populations. En effet, pendant presque toute la durée du XXe siècle, la mortalité infantile a continuellement diminué dans ces pays grâce notamment à la forte baisse des maladies infectieuses. Il a fallu attendre la révolution cardiovasculaire, amorcée vers la fin des années 1960 dans la plupart des pays à revenu élevé (Ouellette et coll. 2014), pour assister à une réduction marquée de la mortalité aux âges élevés.

FIGURE 2.1. Concept des durées de vie normales introduit par Wilhelm Lexis



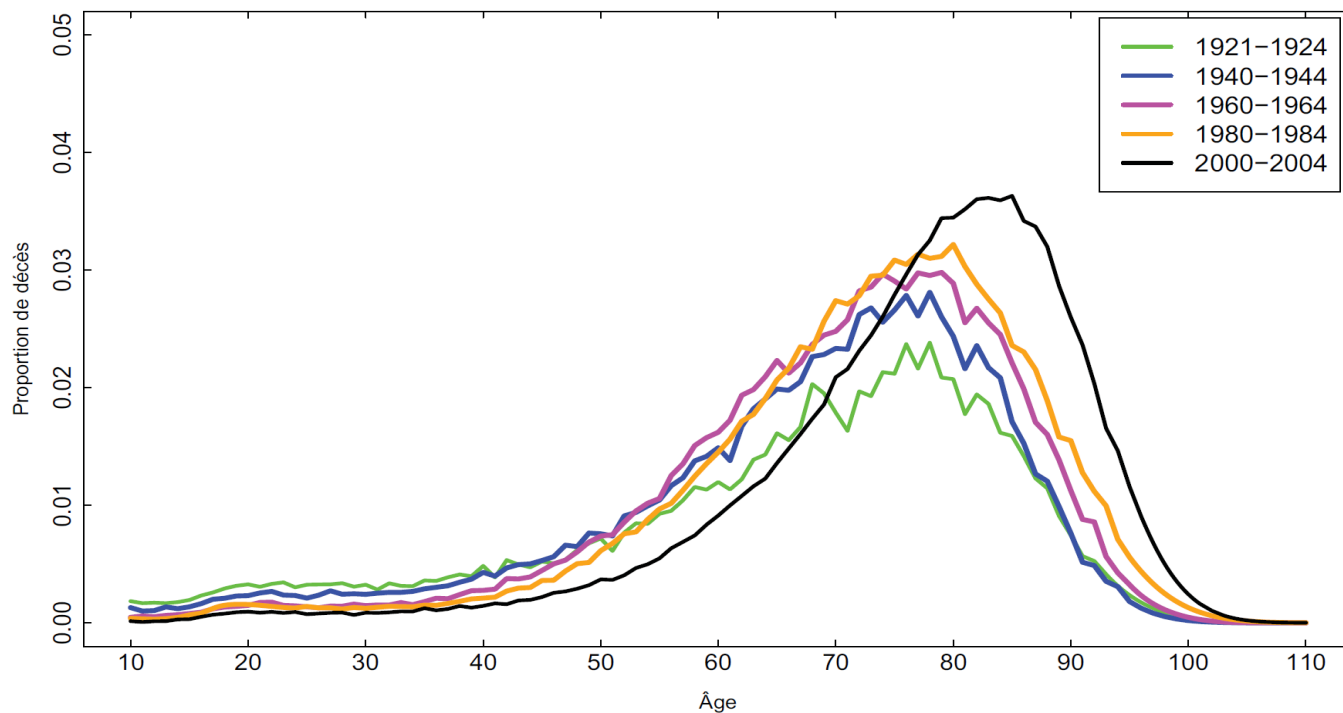
Source : Lexis (1878, p.449).



### 2.1.3 La dispersion des durées de vie et la compression de la mortalité

Les avancées de la médecine, ainsi que les politiques de santé publique et leur impact positif sur les facteurs de risques (nutrition, tabac, alcool, etc.) ont mené à l'importante baisse de la mortalité mentionnée dans la section précédente, qu'il s'agisse dans un premier temps des maladies infectieuses ou dans un second temps des maladies cardiovasculaires. Cela s'est traduit par une diminution significative des décès prématurés et donc à une concentration de l'ensemble des durées de vie dans un intervalle d'âges de plus en plus court (voir la figure 2.2 pour une illustration à partir de données masculines québécoises). On parle alors de *diminution de la dispersion des durées de vie* ou encore du phénomène de *compression de la mortalité*, tous deux associés à la *rectangularisation de la courbe de survie* (Wilmoth et Horiuchi, 1999). Cependant, il convient de ne pas confondre ce phénomène de compression globale de la mortalité, qui concerne l'ensemble des durées de vie, et celui de *compression de la mortalité aux grands âges*, basé sur les décès survenant aux âges avancés et qui nous intéresse tout particulièrement dans le cadre du présent mémoire. En effet, le premier n'implique pas nécessairement le second.

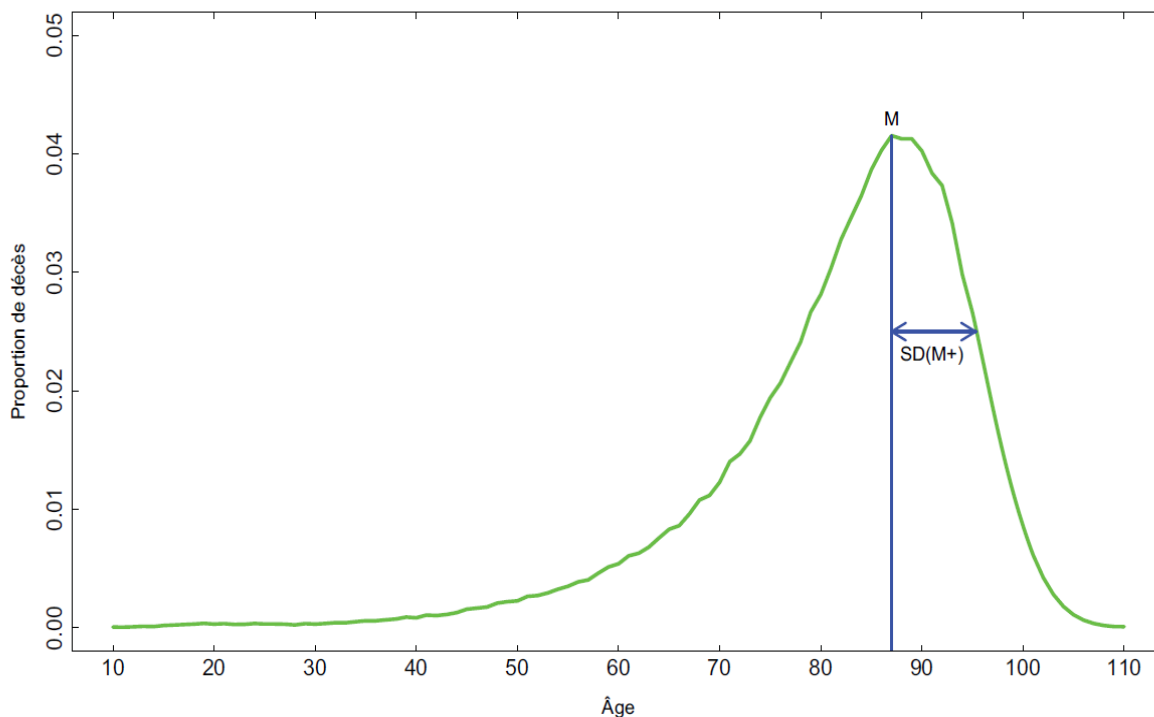
FIGURE 2.2. Distribution des décès (issus de la table de mortalité) selon l'âge pour les hommes du Québec, périodes sélectionnées entre 1921-1924 et 2000-2004



Source : Lecours (2011, p.17).

Dans le but d'analyser la compression de la mortalité aux âges avancés, nous aurons ici recours à l'écart type des durées de vie au-delà de l'âge modal au décès, noté  $SD(M+)$ . Cet indicateur a émergé suite aux travaux de Wilmoth et Horiuchi (1999) puis a été proposé par Kannisto (2001). En complément à  $M$ , l'étude de  $SD(M+)$  nous renseigne pour sa part sur le degré d'homogénéité (ou de dispersion) des durées de vie parmi les individus d'une population donnée (Robine et coll. 2006; Thatcher et coll. 2010). Tout comme  $M$ , cet indicateur n'est pas influencé par les décès se produisant aux plus jeunes âges (figure 2.3).

FIGURE 2.3. Illustration de la paire d'indicateurs  $M$  et  $SD(M+)$ , à partir de la distribution des décès (issus de la table de mortalité) selon l'âge pour les femmes du Québec, 2000-2004



Source : Lecours (2011, p.19).

Le fait de s'intéresser à la dispersion de la distribution des âges au décès est particulièrement intéressant pour un certain nombre de raisons. Tout d'abord, le phénomène de compression de la mortalité a historiquement eu un impact psychologique, social et comportemental sur les populations, dans la mesure où elle a modifié notre rapport à la mort (Wilmoth et Horiuchi 1999). Par ailleurs, dans le contexte actuel de vieillissement de la population, l'indicateur  $SD(M+)$ , combiné à  $M$ , offre des informations pertinentes utiles à une meilleure planification des systèmes de sécurité sociale, notamment des systèmes de retraites. Cet indicateur de dispersion permet également de rendre compte des inégalités de mortalité qui existent entre

différents groupes ou sous-groupes de populations et ainsi d'observer les influences de variables telles que le niveau socio-économique (Lecours 2011), le niveau de scolarité (Brown et coll. 2012; Canon 2018) ou encore les facteurs biologiques et environnementaux (Kannisto 2001).

#### **2.1.4 Résultats des principales études concernant l'âge modal au décès**

La grande majorité des études en rapport avec l'âge modal au décès ont concerné des pays qui affichent aujourd'hui des niveaux relativement faibles de mortalité, notamment les États-Unis, le Japon, la Grande Bretagne, le Canada, la France, la Suisse, la Suède ou encore l'Italie. Pour la plupart de ces pays, les données sur les décès sont disponibles depuis le milieu du XIXe siècle au plus tôt, à l'exception de la Suède (Robine 2011) et de la région du Québec ancien (Ouellette et coll. 2012) pour lesquels nous disposons d'une profondeur historique plus conséquente. Ces deux dernières études montrent que  $M$  s'est situé entre 70 et 75 ans pendant la seconde moitié du XVIIIe siècle en Suède et au Québec, les femmes bénéficiant d'un léger avantage de 2 ans en moyenne sur les hommes. Néanmoins, la dynamique semble y avoir été distincte. En effet, sur la période considérée, on observe une relative stabilité en Suède mais une hausse de  $M$  d'environ 3 ans tant chez les femmes que chez les hommes au Québec, ce qui est assez surprenant pour une population ancienne. Selon Ouellette et collaborateurs (2012), cela serait dû au contexte québécois de l'époque qui aurait résulté en une augmentation de la proportion de la population vivant en milieu rural. Étant donné que la mortalité était plus forte en milieu urbain qu'en milieu rural à cette époque, en raison des effets néfastes de la promiscuité et des mauvaises conditions d'hygiène, ces gains ne sont finalement pas si

étonnants.

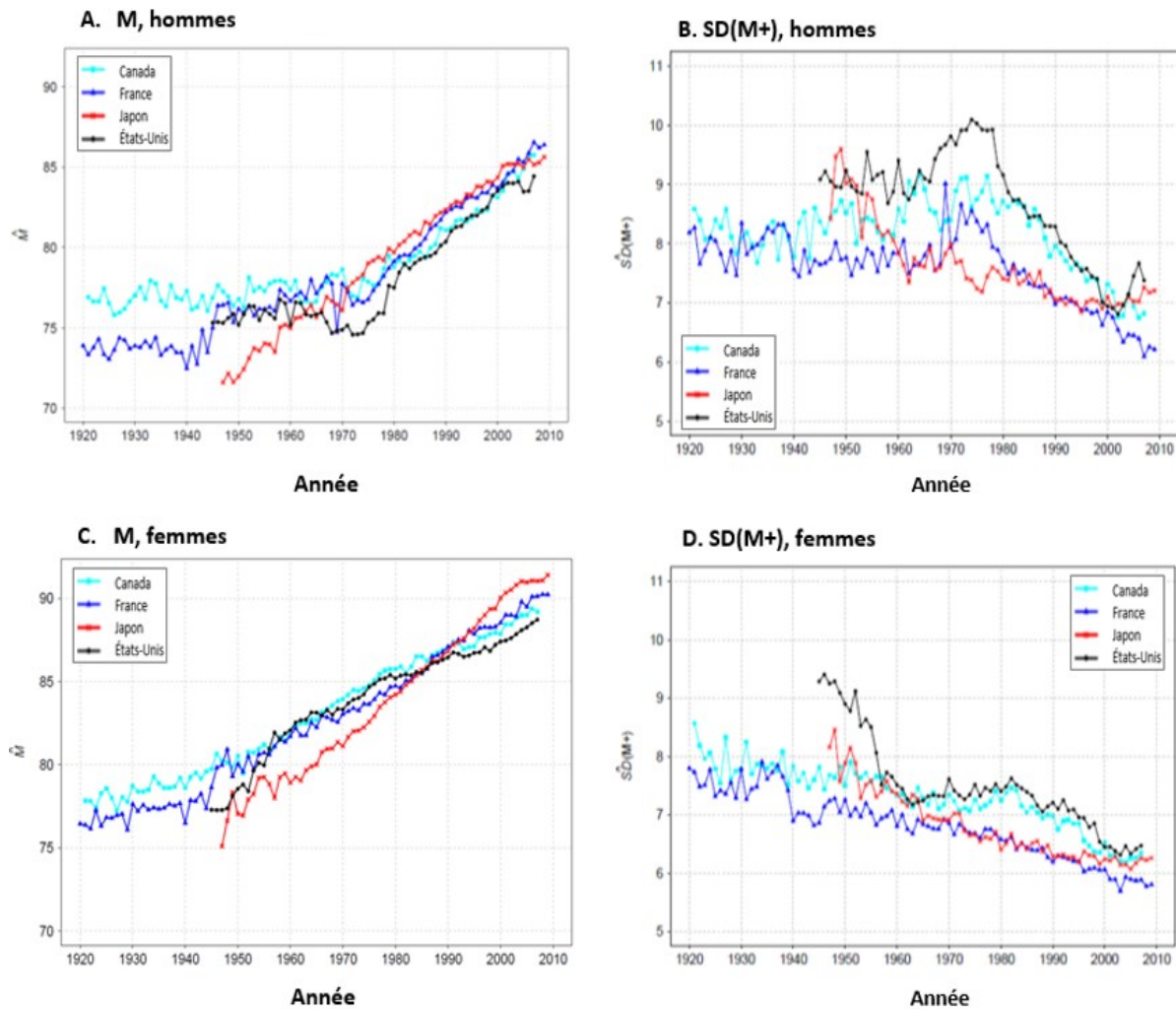
Les études de l'âge modal au décès s'appuyant sur des données de mortalité débutant après 1850 ou plus tard ont concerné le Québec (Martel et Bourbeau 2003), le Japon (Cheung et Robine 2007), la Suisse (Cheung et coll. 2009), la Grande-Bretagne (Clay 2014) et plusieurs pays incluant entre autres les États-Unis, le Canada, la France, l'Italie ou encore la Suède en plus des pays déjà cités (Cheung et coll. 2008; Canudas-Romo 2008, 2010; Thatcher et coll. 2010; Robine 2011; Ouellette et Bourbeau 2011, Diaconu et coll. 2014, 2016). Dans ces différents pays ou régions, on observe que  $M$  a stagné ou augmenté que très légèrement pendant le XIXe siècle et la première moitié du XXe siècle. Cependant, au lendemain de la seconde guerre mondiale, tout s'est accéléré,  $M$  atteignant depuis le début du XXIe siècle des valeurs légèrement supérieures à 90 ans dans le cas des femmes au Japon, en France et en Suisse, et à 85 ans dans le cas des hommes au Japon, au Canada, en France et en Suisse, notamment (figure 2.4). Le cas japonais est d'ailleurs fort intéressant. Alors que le pays accusait un sérieux retard au tournant des années 1950, il a par la suite connu des gains impressionnant en matière de longévité comme le montre la figure 2.4. Selon des données récentes, le Japon détient l'âge modal au décès le plus élevé chez les femmes et se trouve dans le trio de tête pour ce qui est des hommes (Cheung et coll. 2008; Canudas-Romo 2010; Ouellette et Bourbeau 2011). Deux raisons principales ont permis l'augmentation généralisée de  $M$ . Il s'agit des progrès sociaux et médicaux acquis depuis la seconde guerre mondiale, qui ont par la suite été suivis par la révolution cardiovasculaire des années 1970. Cette dernière a particulièrement profité aux hommes. Au Japon, la rapidité avec laquelle  $M$  s'est accru s'explique entre autres par le fait que les deux premières étapes de la transition sanitaire se

soient déroulées, exceptionnellement, en quasi parfaite simultanéité : la baisse de la mortalité par maladies infectieuses et parasitaires, et celle par maladies cardiovasculaires (Horiuchi et Wilmoth 1998).

L'augmentation de  $M$  dans les pays développés a été de manière globale accompagnée par une compression de la mortalité aux grands âges (figure 2.4). Cependant, depuis le début des années 2000, on observe dans certains d'entre eux une stagnation de cette compression, voire une légère hausse de la dispersion des décès au-delà de  $M$ , tandis que la durée de vie modale continue d'augmenter. Ce phénomène, appelé le *shifting mortality scenario* (Kannisto 1996), conduirait à une « démultiplication de l'augmentation du nombre des personnes très âgées comme celui des centenaires mais aussi des personnes âgées de 105 ans ou de 110 ans » s'il venait à se poursuivre (Robine et Cheung 2009). Il mérite donc une attention particulière compte tenu des enjeux sociaux impliqués.

Quant à la variation du niveau des inégalités face à la mort, que ce soit entre pays ou entre les sous-groupes d'une même population, elle s'explique par les caractéristiques et le contexte propres à chaque région. Le cas le plus marquant est sans doute celui des États-Unis. Comme en témoigne la figure 2.4,  $M$  y est légèrement moins élevé qu'ailleurs mais la concentration des décès autour de  $M$  y est beaucoup plus faible, et la mortalité en deçà de  $M$  nettement plus forte. Il est probable que les importantes inégalités sociales (en matière de revenu, d'accès aux soins, de scolarité, etc.) prévalant aux États-Unis, ainsi que les difficultés du pays à achever sa révolution cardiovasculaire y jouent un rôle important (Murray et coll. 2006; Vallin et Meslé 2010; Brown et coll. 2012).

FIGURE 2.4. Estimations de l'âge modal au décès ( $M$ ) et de l'écart-type des décès au-delà du mode ( $SD(M+)$ ), Canada (1921–2007), France (1920–2009), Japon (1947–2009), et États-Unis (1945–2007)



Source : Ouellette et Bourbeau (2011, p.607 et 609).

Enfin, signalons le travail original de Gurven et Kaplan (2007). Dans cette étude, les auteurs se sont aussi intéressés à certaines sociétés contemporaines de chasseurs-cueilleurs et ont montré que  $M$  se trouvait entre 74 et 78 ans pour la plupart d'entre elles, un niveau similaire à celui des pays développés dans les années 1950. Parmi les sociétés étudiées par les auteurs,

celles étant acculturées (qui ont eu des contacts avec des sociétés modernes) présentent une proportion de décès survenant au-delà de  $M$  supérieure aux sociétés non contactées et parfois même similaire à celle des États-Unis au début des années 2000. En d'autres termes, cela signifie que la mortalité précoce (avant  $M$ ) est moindre dans ces sociétés contactées, sans doute le signe d'une transition épidémiologique amorcée. Madagascar se trouvant également en pleine transition épidémiologique, il sera donc intéressant de mettre les résultats de nos analyses en perspective avec ceux de Gurven et Kaplan dans la partie réservée à la discussion.

## **2.2. Questions de recherche et hypothèses**

À la lumière des différents éléments présentés dans la section 2.1, nous pouvons formuler les questions de recherche suivantes :

- 1- Comment a évolué l'âge modal au décès pour chaque sexe à Antananarivo depuis 1976, étant donné le contexte particulier qui a marqué le pays au cours de la période d'intérêt ?
- 2- Observe-t-on une compression de la mortalité autour du mode au cours du temps ?
- 3- Quels changements sont survenus depuis 1976 dans la distribution des principales causes de décès parmi les personnes âgées, i.e. au-delà de l'âge modal au décès, à Antananarivo ?

Les réponses à ces questions sont fondamentales afin d'assurer le bien-être des personnes âgées et d'anticiper un certain nombre de problèmes pouvant se présenter à moyen et long terme à Antananarivo. En effet, à partir des résultats obtenus, nous serons en mesure de



discuter des implications que nous pouvons en tirer en matière de politiques de santé publique pour la capitale malgache. Nous pourrions également discuter les tendances futures probables étant donné le contexte dans lequel se trouve le pays dans son ensemble.

D'une manière générale, de gros progrès ont été réalisés en Afrique subsaharienne depuis les années 1950 dans la lutte contre la mortalité dite « évitable », due aux maladies infectieuses. Cependant, aucun de ces pays ne semble avoir amorcé sa révolution cardiovasculaire, ayant débuté au tournant des années 1970 dans les pays à revenu élevé. Il nous apparaît donc peu probable que des progrès significatifs aient été accomplis concernant la mortalité liée à maladies chroniques telles que les pathologies cardiovasculaires, lesquelles s'inscrivent généralement parmi les principales causes de décès aux grands âges. On peut donc supposer que l'âge modal au décès à Antananarivo n'a pas fortement évolué depuis 1976 et s'est heurté à un « mur invisible » situé entre 75 et 80 ans, niveau auquel se situaient les pays à faible mortalité à l'aube de leur révolution cardiovasculaire. Par ailleurs, la baisse de la mortalité aux jeunes âges devrait logiquement se traduire par un plus grand nombre de personnes survivant jusqu'à des âges avancés. En supposant des progrès limités dans la mortalité aux très grands âges (hypothèse précédente), nous devrions donc observer une forte compression de la mortalité autour de  $M$ . Enfin, en ce qui concerne les principales causes de décès survenant au-delà de l'âge modal au décès, nous nous attendons à ce que les maladies chroniques, et en particulier les troubles cardiovasculaires, aient pris une part de plus en plus importante dans l'ensemble des décès au cours du temps.

## **Chapitre 3. Sources de données et méthodologie**

Ce troisième chapitre vise à présenter les différentes sources de données utilisées ainsi que la méthodologie employée afin de répondre aux trois grandes questions de recherche exposées dans le chapitre précédent.

### **3.1. Sources de données**

#### **3.1.1 Présentation des données sur les décès provenant du Bureau Municipal d'Hygiène (BMH) d'Antananarivo**

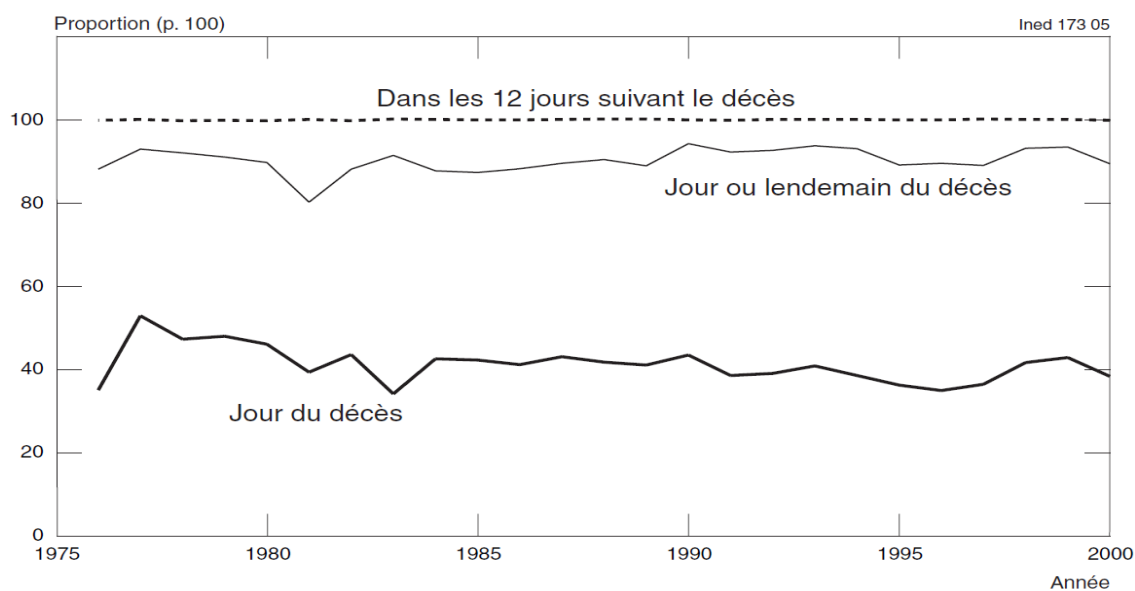
Les données de mortalité sur lesquelles s'appuie la présente recherche proviennent du Bureau municipal d'hygiène (BMH) d'Antananarivo, qui maintient un enregistrement régulier des décès d'une qualité exceptionnelle pour la région. Pour la période 1976-2015 qui nous intéresse, nous disposons de données numérisées sur près de 250 000 certificats de décès, desquels nous tirons le sexe et l'âge de la personne défunte, de même que l'année de calendrier et la cause de son décès. Les décès des non-résidents de la capitale sont exclus. Ce système d'enregistrement a été mis en place en 1921, année de la dernière grande épidémie de peste. En 1973, le Dr Randrianarivo, alors directeur du BMH d'Antananarivo, a modernisé le format des registres de décès. Désormais 14 informations au total y sont consignées (Waltisperger et coll. 1998; Waltisperger et Meslé 2005) :

1) le sexe du défunt ; 2) la date de naissance du défunt ; 3) la date du décès ; 4) l'heure du décès ; 5) la date de déclaration du décès au BMH ; 6) le lieu de décès ; 7) le numéro

d'enregistrement du décès ; 8) la résidence ou non du défunt à Antananarivo ; 9) le *fokontany* (quartier) de résidence du défunt s'il résidait à Antananarivo ; 10) le *fi vondronana* (département) de résidence du défunt s'il était non-résident d'Antananarivo ; 11) la cause principale du décès ; 12) la cause associée (ou externe s'il s'agit d'un traumatisme) du décès ; 13 ) la profession du défunt ou de ses parents ; 14) le lien de parenté du déclarant avec le défunt. Pour notre recherche, nous utilisons les variables 1, 2, 3, 5, 8, 11 et 12.

La déclaration des décès doit intervenir dans un délai maximum de 12 jours à Antananarivo, sous peine de ne pas se voir délivrer un permis d'inhumer le corps du défunt ou de la défunte. Les cimetières de la capitale étant gardés, les inhumations clandestines sont pratiquement impossibles, ce qui garantit un enregistrement quasi exhaustif des décès. Cette démarche est d'ailleurs si ancrée dans les habitudes d'Antananarivo qu'elle est effectuée dans le temps imparti dans 99 % des cas et plus de 80 % des déclarations sont réalisées le jour même ou le lendemain du décès. Les périodes d'instabilité politique et économique n'ont pas remis en cause cette pratique (Waltisperger et Meslé 2005) (figure 3.1).

FIGURE 3.1. Évolution du délai de déclaration des décès à Antananarivo, 1976-2000



Source : Waltisperger et Meslé (2005, p.250).

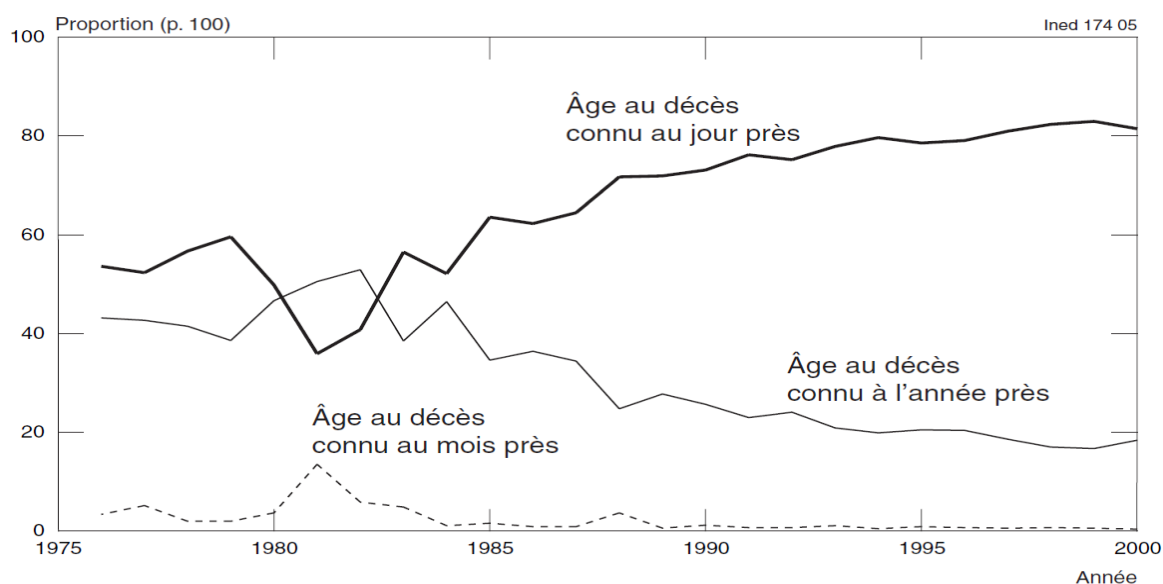
### 3.1.2 Qualité des données du BMH

Au-delà du caractère quasi exhaustif des données sur les décès, deux autres aspects importants sont à considérer à propos de leur qualité pour la présente étude : la précision de la déclaration des âges au décès et la fiabilité des causes de décès déclarées.

Concernant la précision des déclarations de l'âge au décès, de nets progrès ont été réalisés sur la période 1976-2015. L'âge était connu au jour près dans un peu plus de la moitié des cas en 1976, contre plus de 80 % en 2000. Néanmoins, sur toute cette période, l'âge au décès est connu à l'année près pour virtuellement 100 % des décès (Waltisperger et Meslé 2005) (figure 3.2), et ce niveau de détail suffit à nos analyses. En 1878, un système d'état civil fut instauré

sous le gouvernement de Rainilaiarivony, alors co-roi de Madagascar. Ce système a par la suite été réformé en 1881 et 1889 puis amélioré par l'empire colonial français entre 1896 et 1902 (Rainibe 1988). Cet héritage administratif, qui a permis de sensibiliser la population à l'importance des données d'état civil, explique en bonne partie l'exactitude des déclarations de l'âge au décès à Antananarivo.

FIGURE 3.2. Évolution de la précision des déclarations de l'âge au décès à Antananarivo, 1976-2000

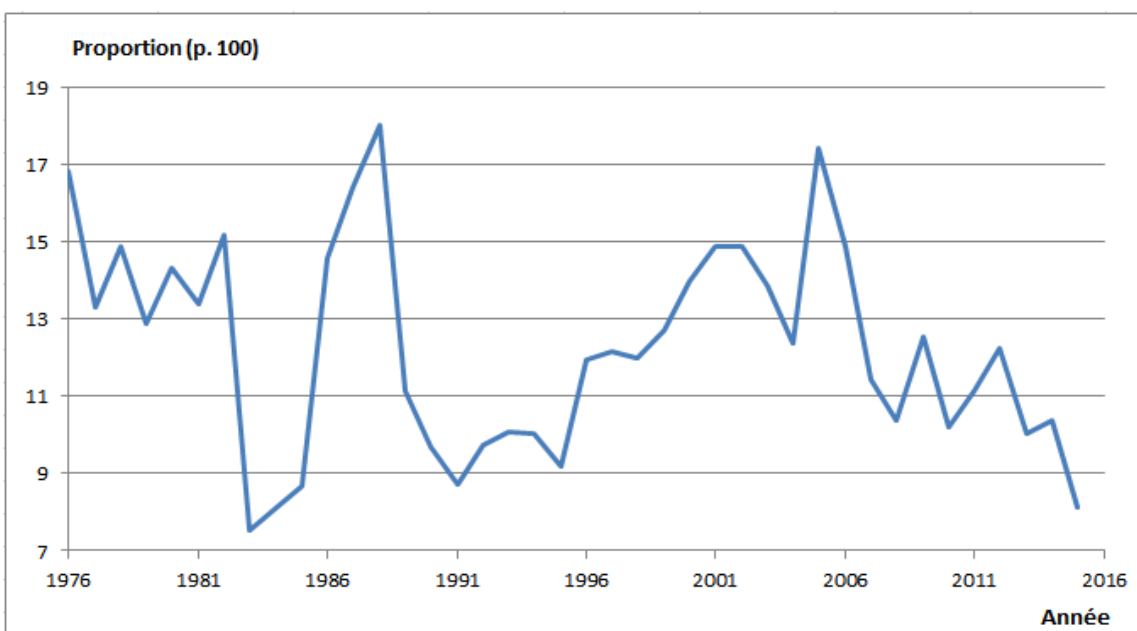


Source : Waltisperger et Meslé (2005, p.250).

Environ 60 % des décès à Antananarivo ont lieu au domicile du défunt, tandis que les 40 % restant se produisent à l'hôpital. Dans le premier cas, le constat est réalisé par un médecin envoyé par le BMH. Dans le second cas, le constat est effectué par un médecin de l'hôpital. Cependant, il arrive que les causes de décès soient mal définies ou indéterminées. Sur la période d'intérêt, elles varient entre 7.5 et 18 % du total des décès (figure 3.3). En effet, en

raison de la comorbidité, en particulier aux âges avancés, il est parfois difficile de déterminer la cause principale du décès. De plus, on observe sur la figure 3.3 une forte hausse de la proportion des décès mal définis entre 1985 et 1990, qui coïncide avec la crise économique ayant eu lieu dans la capitale malgache pendant le milieu des 1980. Cette crise a probablement perturbé le fonctionnement des services médicaux (Waltisperger et Meslé 2005; Masquelier et coll. 2014). Pour la présente analyse, ces causes mal définies ou indéterminées suivent la même distribution que les causes de décès bien définies et sont par conséquent redistribuées selon cette logique de proportionnalité, tout comme dans Masquelier et coll. (2014). En effet, la base de données extraite du Registre des décès mise à notre disposition n'a pas permis de les distinguer, rendant ainsi impossible de les traiter différemment.

FIGURE 3.3. Évolution de la proportion de décès dus à une cause mal définie ou indéterminée, Antananarivo, 1976-2015



Source : Registres des décès provenant du BMH d'Antananarivo.

Cependant, une limite majeure de ces données réside dans la censure des années de naissances survenues avant l'année 1900. Ces naissances ont été codées comme s'étant produites en 1900 dans le fichier de données. Par conséquent, nos résultats seront très probablement biaisés sur les dix premières années d'observation. Toutefois, cette censure ne devrait pas constituer un problème pour les années ultérieures à 1985.

### **3.1.3 Autres sources de données utilisées**

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons également recours à deux autres sources de données : les enquêtes démographiques et de santé (EDS), ainsi que les recensements de population. Ces sources nous servent à effectuer les estimations de population nécessaires au calcul des dénominateurs des taux de mortalité (voir section 3.2). Les EDS sont des enquêtes réalisées auprès d'un échantillon de ménages supposé être représentatif de la population concernée au niveau national. L'objectif de ce type d'enquête est d'obtenir des données fiables sur la situation démographique et sanitaire de pays en développement ne disposant pas d'un système statistique suffisant, afin d'orienter les actions et politiques visant à améliorer le bien-être de ces populations. Ces enquêtes fournissent des informations sur divers sujets, notamment les caractéristiques des ménages, leur statut socio-économique, la fécondité, l'éducation, la nutrition, la santé des mères et des enfants, etc. Dans le cas de Madagascar, nous disposons de quatre EDS menées durant les périodes suivantes : 1992, 1997, 2003-2004 et 2008-2009. Concernant les données de recensements de la population, nous disposons de celles pour 1975 et 1993, en plus du décompte provisionnel de la population malgache (tous âges confondus) réalisé lors de la cartographie pour le recensement prévu en 2009 mais

finalement non réalisé en raison des problèmes politiques affectant la région. À cela s'ajoutent les données sur la population d'Antananarivo, fournies par la mairie de la capitale malgache (2014).

## **3.2. Méthodologie**

Afin de vérifier nos hypothèses sur l'évolution de l'âge modal au décès et de la compression de la mortalité autour du mode depuis 1976 à Antananarivo, nous devons tout d'abord calculer des taux de mortalité par âge, qui nous permettront ensuite d'obtenir les résultats désirés à partir d'une méthode de lissage par P-splines à l'aide du logiciel R (plus spécifiquement le package intitulé *MortalitySmooth* développé par Camarda (2012)). Cette dernière sera décrite en détails dans la section 3.2.2. Par définition, un taux de mortalité s'obtient en rapportant un nombre de décès par âge (numérateur) à l'effectif correspondant de la population soumise au risque (dénominateur). Les données provenant du BMH nous renseignant uniquement sur les décès et les données existantes sur la taille de la population d'Antananarivo étant incomplètes, la production d'estimations de population détaillées par sexe, année d'âge et année de calendrier devient essentielle. La méthode que nous avons utilisée suit dans la section 3.2.1. Quant à celle adoptée pour vérifier notre hypothèse sur l'évolution des causes de décès au-delà de  $M$ , elle sera énoncée dans la section 3.2.3.

### **3.2.1. Estimations de population**

Afin d'obtenir les estimations de population avec le niveau de détail désiré, nous



devons successivement estimer la population totale (pour les âges et les deux sexes réunis) par année de calendrier, ventiler les groupes d'âges ouverts, et estimer la population par groupe d'âges quinquennal puis par année d'âge.

### **3.2.1.1. Population totale**

Pour estimer la population totale d'Antananarivo par année de calendrier sur la période 1976-2014, nous réalisons une interpolation à l'aide d'une courbe logistique à partir des données de recensements de 1975 et 1993, de la cartographie de 2009 et du décompte de la mairie d'Antananarivo de 2014. Une courte extrapolation suivant la même méthode est ensuite effectuée sur la période 2014-2015, afin d'obtenir les résultats sur toute la période d'intérêt. Ces estimations concernent spécifiquement la Commune urbaine d'Antananarivo Renivohitra (CUA), ce qui correspond aux six districts pour lesquels nous disposons des données provenant du BMH. Une courbe logistique a d'ailleurs été employée par Masquelier et collaborateurs (2014), car celle-ci reflète bien les expériences empiriques des pays avancés dans leur transition démographique, caractérisés par un taux d'accroissement de leurs populations qui diminue avec le temps, proportionnellement à l'effectif atteint en raison de la baisse marquée de la fécondité après une phase initiale de croissance exponentielle.

### **3.2.1.2. Ventilation du groupe d'âges ouvert**

Le recensement malgache de 1975 fournit un dernier groupe d'âges ouvert à 75 ans, tandis que pour le recensement de 1993 et les différentes EDS (1992, 1997, 2003-2004, 2008-2009), la dernière tranche d'âges couvre les personnes de 80 ans et plus. Afin de calculer des

taux de mortalité au-delà de ces âges, nous utilisons une courbe de tendance (extrapolation) logistique afin d'estimer la population d'Antananarivo par groupes d'âges quinquennaux jusqu'à 90 ans exacts, en traitant chaque sexe de manière séparée. Après avoir envisagé plusieurs fonctions mathématiques (exponentielle, linéaire, polynomiale de degré supérieur à 1), le modèle logistique à quatre paramètres s'est révélé être le plus approprié. En effet, d'une part il s'inscrit dans le prolongement des effectifs estimés aux âges précédant le groupe d'âges ouvert, et d'autre part il évite d'obtenir des effectifs inférieurs à 0 pour les âges les plus extrêmes<sup>3</sup>, contrairement aux autres fonctions considérées. Ce modèle d'extrapolation logistique est illustré et les résultats obtenus sont consignés respectivement dans la figure A.1 et le tableau A.1 de l'annexe. Il convient de noter que les effectifs totaux des groupes d'âges ouverts étaient connus, ce qui a permis d'ajuster les résultats obtenus et ainsi d'empêcher de légères surestimations ou sous-estimations éventuelles pour l'ensemble des groupes d'âges avancés dont l'effectif a été estimé.

### **3.2.1.3. Population par groupes d'âges quinquennaux et par année d'âge**

Les deux recensements ainsi que les quatre EDS dont nous disposons nous renseignent sur la structure de la population d'Antananarivo par groupe d'âges de 5 ans et par sexe pendant les années considérées et ce, jusqu'à l'âge de 90 ans, après avoir ventilé les groupes d'âges terminaux initiaux (voir la section précédente pour plus de détails). En mettant bout à

---

<sup>3</sup> Dans le cadre de nos extrapolations, nous avons supposé qu'aucun individu ne survivait au-delà de 100 ans. En effet, après cet âge, les effectifs de survivants à Antananarivo sont négligeables en raison des niveaux de mortalité qui y sont observés.

bout ces données et en ayant recours à une méthode d'interpolation logistique (période 1976-2014) et d'extrapolation (période 2014-2015), nous obtenons la structure de la population de la capitale malgache par sexe et groupes d'âges quinquennaux pour chaque année de calendrier. Nous utilisons par la suite des multiplicateurs de Sprague, à la manière de la direction générale de l'information statistique de la Commission européenne (Eurostat) notamment, afin de désagréger chaque groupe d'âge quinquennal en cinq effectifs de population par année d'âge (Calot et Sardon 2003). Les multiplicateurs de Sprague ne sont autres que des coefficients d'interpolation permettant de subdiviser des données. Le tableau 3.1 décrit la table intermédiaire de ces multiplicateurs et présente ainsi les coefficients employés pour tous les groupes d'âges quinquennaux, à l'exception des deux premiers et des deux derniers qui possèdent leurs propres tables. Les détails méthodologiques sont explicités par Popoff et Judson (2004) ainsi que par Calot et Sardon (2003). Un exemple est présenté dans le tableau A.2 de l'annexe.

TABLEAU 3.1. Table intermédiaire des multiplicateurs de Sprague pour désagréger des groupes d'âges de cinq ans en années d'âge

	$N_{-2}$		$N_{-1}$		$N_0$		$N_{+1}$		$N_{+2}$		Total
$n_1$	-	0,0128	+	0,0848	+	0,1504	-	0,0240	+	0,0016	0,2000
$n_2$	-	0,0016	+	0,0144	+	0,2224	-	0,0416	+	0,0064	0,2000
$n_3$	+	0,0064	-	0,0336	+	0,2544	-	0,0336	+	0,0064	0,2000
$n_4$	+	0,0064	-	0,0416	+	0,2224	+	0,0144	-	0,0016	0,2000
$n_5$	+	0,0016	-	0,0240	+	0,1504	+	0,0848	-	0,0128	0,2000
Total		0,0000		0,0000		1,0000		0,0000		0,0000	1,0000

Source : Calot et Sardon (2003, p.14)

Les  $N_i$ , où  $i = -2, -1, \dots, 2$ , désignent les effectifs des groupes d'âges quinquennaux, et les  $n_j$ ,

où  $j = 1, 2, \dots, 5$ , les effectifs de chaque année d'âge à l'intérieur du groupe quinquennal correspondant à  $N_0$ . À titre d'exemple, supposons que :

$$N_{-2} = N_{-15-19} ; N_{-1} = N_{-20-24} ; N_0 = N_{-25-29} ; N_{+1} = N_{-30-34} ; N_{+2} = N_{-35-39},$$

et que la série des  $n_j$  correspond aux effectifs de population à 25, 26, 27, 28 et 29 ans. Dans ce cas, pour estimer, disons, l'effectif à 27 ans ( $n_3$ ), il suffit de réaliser le calcul suivant :

$$n_3 = +0,0064 N_{-15-19} - 0,0336 N_{-20-24} + 0,2544 N_{-25-29} - 0,0336 N_{-30-34} + 0,0064 N_{-35-39}.$$

### **3.2.2. Lissage par P-splines pour estimer l'âge modal et de la dispersion des décès**

Dans le cadre du présent mémoire nous adoptons la méthode de lissage par P-splines introduite par Ouellette et Bourbeau (2011) pour dériver l'âge modal au décès et son indicateur de dispersion, à partir d'un modèle de régression de Poisson. Il s'agit d'une approche non paramétrique, c'est-à-dire qui n'impose aucune forme fonctionnelle prédéfinie pour décrire la courbe des taux de mortalité par âge. Comparativement aux approches paramétriques, celle-ci permet davantage de souplesse et mène aussi à une distribution des décès selon l'âge plus précise. Cette courbe de distribution des décès lissée nous indiquera l'âge modal au décès, noté  $M$ , soit l'âge auquel le nombre maximum de décès a lieu, ce qui nous permettra ensuite de calculer la dispersion des décès au-delà de cet âge, notée  $SD(M+)$ . Cette méthodologie sera appliquée séparément selon le sexe afin d'observer les inégalités de genre face à la mort. Par ailleurs, pour toutes les valeurs estimées, des intervalles de confiance bootstrap à 95 % seront construits. Ces derniers nous permettront de quantifier l'incertitude

relative à nos estimations pour  $M$  et  $SD(M+)$ .

### 3.2.2.1 Taux de mortalité et force de mortalité

À partir des données par année d'âge  $x$  sur les décès observés  $\mathcal{D}_x$  dont nous disposons, ainsi que des estimations de la population exposée au risque de décéder  $\mathcal{E}_x$  (voir section 3.2.1), nous obtenons une série de taux de mortalité par âge  $m_x$  de telle manière que :

$$m_x = \frac{\text{Nombre de décès dans l'intervalle d'âge } [x, x + 1)}{\text{Nombre de personnes - années vécues dans l'intervalle d'âge } [x, x + 1)} = \frac{\mathcal{D}_x}{\mathcal{E}_x}$$

La force de mortalité, qui n'est autre que le taux instantané de mortalité, est quant à elle notée  $\mu(x)$  et définie par  $m_x \simeq \mu_{x+\frac{1}{2}}$  (Thatcher et coll. 1998). Dans le présent travail, nous faisons l'hypothèse qu'elle est constante à l'intérieur de chaque intervalle d'âge  $[x, x+1)$ .

### 3.2.2.2 Modèle de régression de Poisson

La loi de Poisson est une loi de probabilité discrète qui permet d'étudier le nombre d'évènements se produisant à l'intérieur d'un intervalle de temps donné. Dans la mesure où nous considérons la force de mortalité comme étant constante à l'intérieur de chaque intervalle d'âge  $[x, x+1)$ , les décès  $\mathcal{D}_x$  peuvent être perçus comme des réalisations d'une loi de Poisson de moyenne  $\mathcal{E}_x * \mu_x$ , c'est-à-dire :

$$\mathcal{D}_x \sim \text{Poisson} (\mathcal{E}_x * \mu_x). \quad (1)$$

C'est donc naturellement que nous appliquons un modèle de régression de Poisson afin d'estimer la force de mortalité correspondante aux données sur les décès observés dont nous disposons. À partir de l'équation (1), nous obtenons :

$$\ln(\mathbb{E}[\mathcal{D}]) = \ln(\boldsymbol{\mathcal{E}} * \boldsymbol{\mu}) = \ln(\boldsymbol{\mathcal{E}}) + \ln(\boldsymbol{\mu}),$$

tel que les vecteurs  $\mathcal{D}$ ,  $\boldsymbol{\mathcal{E}}$  et  $\boldsymbol{\mu}$  représentent respectivement les vecteurs des décès observés, des effectifs de la population exposée au risque de décéder et des forces de mortalité selon l'âge. En utilisant une approche non paramétrique de lissage par P-splines, il est alors possible d'estimer les paramètres du modèle de Poisson. Nous obtenons ainsi :

$$\ln(\widehat{\mathbb{E}}[\mathcal{D}]) = \ln(\boldsymbol{\mathcal{E}} * \widehat{\boldsymbol{\mu}}) = \ln(\boldsymbol{\mathcal{E}}) + \ln(\widehat{\boldsymbol{\mu}}) = \ln(\boldsymbol{\mathcal{E}}) + \boldsymbol{B}\widehat{\boldsymbol{\alpha}}, \quad (2)$$

où  $\boldsymbol{B}$  représente la matrice associée à la base B-splines évaluée aux âges  $x$  et le vecteur  $\widehat{\boldsymbol{\alpha}}$  contient les paramètres estimés associés à chacun des B-splines inclus dans la base  $\boldsymbol{B}$ . Ces deux dernières quantités sont présentées plus en détails dans la sous-section suivante.

### 3.2.2.3 Lissage par P-splines

La méthode de lissage non paramétrique par P-splines adoptée dans ce mémoire a été développée par Eilers et Marx (1996). L'avantage de cette approche a été largement discuté par Ouellette et Bourbeau (2011). Son intérêt principal réside dans le fait qu'elle donne lieu à une grande flexibilité de modélisation. En effet, elle permet de s'affranchir de la rigidité des modèles paramétriques pour modéliser la distribution des décès par âge. Par conséquent, elle

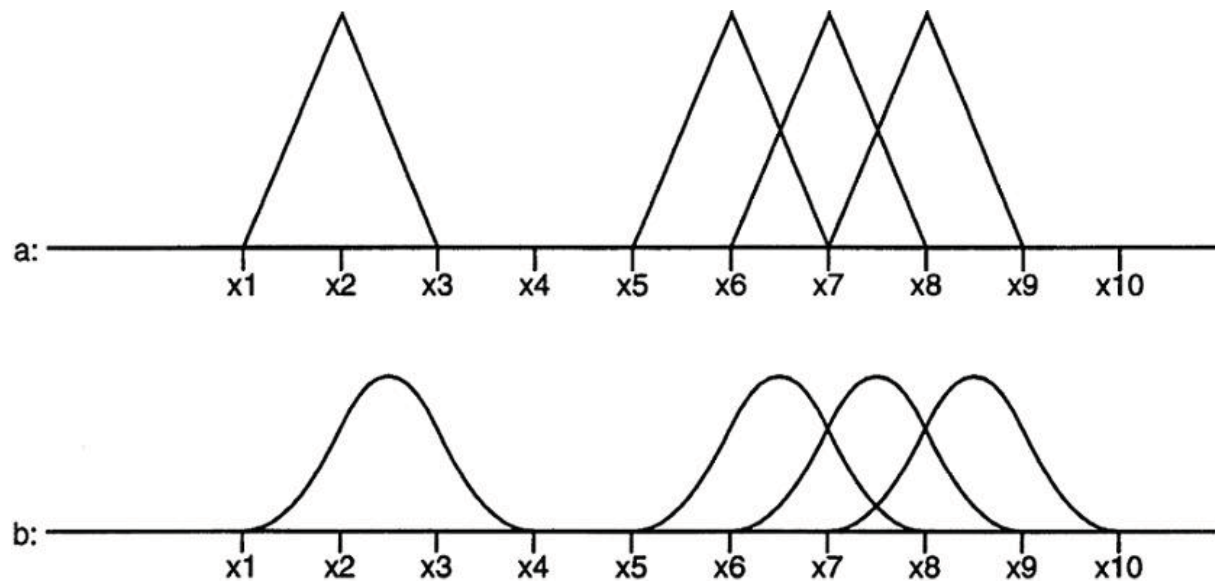
donne lieu à une représentation plus fidèle des données observées tout en s'assurant que cette représentation soit lisse, ce qui, pour le présent mémoire, facilite la détermination de l'âge modal au décès, entre autres. Dans notre analyse, nous avons privilégié le critère d'information bayésien (*Bayesian Information Criterion*) pour la sélection du paramètre de lissage.

Par définition, la méthode de lissage par P-splines combine les notions de B-splines et de fonction de vraisemblance pénalisée afin d'estimer les paramètres inconnus contenus dans le vecteur  $\alpha$  du modèle de régression de Poisson. Ces derniers ne sont autres que les coefficients des B-splines, n'ont aucune interprétation scientifique et c'est pour cette raison que l'on parle d'approche non paramétrique. L'idée principale de cette approche est d'utiliser un (trop) grand nombre de B-splines résultant de plusieurs nœuds répartis uniformément sur le domaine des données observées. Cela génère une courbe passant pratiquement par tous les points à modéliser, mais ne garantit toutefois pas l'aspect lisse recherché de la courbe. Il est donc nécessaire d'imposer une pénalité agissant sur les coefficients des B-splines. La fonction de vraisemblance pénalisée assure que l'ajustement aux données demeure lisse. La pénalité garantit des variations moins abruptes entre les éléments voisins à l'intérieur du vecteur  $\alpha$ , lesquels dictent l'amplitude de chaque B-spline.

Le terme B-splines est une abréviation de l'expression « basis spline » en anglais. Un B-spline de degré  $k$  est construit à partir de parties de polynômes de degré  $k$ , joints les uns aux autres. Les divers points d'abscisse où se produisent ces jonctions sont appelées les nœuds. Le nombre de nœuds ainsi que la distance entre chacun d'eux sont définis par l'utilisateur. Pour

illustrer ces concepts, la figure 3.4 (a) montre des B-splines de degré  $k = 1$ , construits à partir de deux segments linéaires. Le B-spline se trouvant à gauche est construit de telle sorte que la première partie est non nulle entre  $x_1$  et  $x_2$ , et la seconde entre  $x_2$  et  $x_3$  avec des nœuds au niveau de  $x_1, x_2$  et  $x_3$ . À droite sont représentés trois autres B-splines de degré 1, chacun basé sur trois nœuds. La figure 3.4 (b) présente pour sa part des B-splines de degré 2, c'est-à-dire qu'ils sont construits à partir de trois parties de polynômes quadratiques. Le B-spline isolé sur le côté gauche est basé sur quatre nœuds adjacents :  $x_1, x_2, x_3$  et  $x_4$ .

FIGURE 3.4. Illustration de B-splines isolés (a) degré 1; (b) degré 2



Source : Eilers et Marx (1996, p.91)

Dans le cadre de nos analyses, nous avons des B-splines cubiques, à savoir de degré 3, et la matrice  $\mathbf{B}$  des B-splines est définie de la façon suivante :



$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} B_1(x_1) & B_2(x_1) & \dots & B_m(x_1) \\ B_1(x_2) & B_2(x_2) & \dots & B_m(x_2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ B_1(x_n) & B_2(x_n) & \dots & B_m(x_n) \end{bmatrix},$$

où  $B_j(x_i)$  est le  $j^{\text{ème}}$  B-spline évalué en  $x_i$ , avec  $j = 1, \dots, m$  et  $i = 1, \dots, n$ .

À l'aide de l'équation (2), les P-splines permettent d'obtenir la formule suivante pour déterminer la force de mortalité lissée par âge :

$$\hat{\mu}(x) = \exp(\mathbf{B}(x) \hat{\boldsymbol{\alpha}}) \quad (3)$$

Dans la sous-section suivante, nous présentons les relations d'équivalence existantes entre la force de mortalité  $\hat{\mu}(x)$ , la fonction de survie  $S(x)$  et la fonction de densité  $f(x)$ .

#### 3.2.2.4 Fonctions de survie et de densité

À partir de la force de mortalité lissée  $\hat{\mu}(x)$  obtenue suite à l'application du modèle de régression de Poisson défini précédemment et qui a donné lieu à l'équation (3), il nous est possible d'estimer la fonction de survie lissée  $\hat{S}(x)$  :

$$\hat{S}(x) = \exp\left(-\int_0^x \hat{\mu}(t) dt\right) \quad (4)$$

Étant donné que nous avons utilisé un modèle non paramétrique, résoudre cette intégrale algébriquement est impossible. Pour la résoudre, nous avons donc recours à une méthode d'intégration numérique simple.

À partir de l'équation (4), nous déduisons la fonction de densité lissée,  $\hat{f}_x$ , laquelle décrit la répartition des âges au décès standardisée :

$$\hat{f}(x) = \hat{\mu}(x) \hat{S}(x).$$

Cette fonction de densité lissée nous permet d'en tirer l'estimation de l'âge modal au décès,  $\hat{M}$ , ainsi que celle de l'écart type au-delà de cet âge,  $SD(\hat{M}+)$ . Nous obtenons donc :

$$\hat{M} = \max_x \hat{f}(x)$$

et 
$$SD(\hat{M}+) = \sqrt{\frac{\int_{\hat{M}}^{89} (x - \hat{M})^2 \hat{f}(x) dx + \left(89 + \frac{1}{\hat{\mu}(89)} - \hat{M}\right)^2 \hat{S}(89)}{\hat{S}(10)}}.$$

En effet, étant donné que nos estimations de population ont été effectuées jusqu'à l'âge de 89 ans pour les hommes et les femmes, nous avons ajusté la formule de  $SD(\hat{M}+)$  en conséquence. Afin de tenir compte des décès survenus après l'âge de 89 ans pour le calcul des écarts types, nous avons estimé l'espérance de vie à cet âge par l'inverse de la force de mortalité lissée, c'est-à-dire  $\frac{1}{\hat{\mu}(89)}$ .

### 3.2.2.5 Méthode bootstrap pour la construction des intervalles de confiance

Afin de connaître la précision des résultats obtenus pour chaque valeur  $\hat{M}$  et  $SD(\hat{M}+)$ , il est nécessaire de construire des intervalles de confiance. Cependant, dans la mesure où nous

ne connaissons pas la loi de distribution de  $\widehat{M}$ , l'application d'un test statistique ou la construction des intervalles de confiance de manière analytique est impossible. Nous utilisons donc une méthode bootstrap, plus précisément la *residual bootstrap method* de Koissi et collaborateurs (2006), adaptée au contexte de lissage par P-splines (Ouellette et coll. 2012, annexe B). Après avoir réalisé 5 000 répétitions, nous avons obtenu deux distributions de 5 000 valeurs bootstrap, une pour l'âge modal au décès et l'autre pour l'écart type au-delà du mode. Ces dernières nous permettent de construire des intervalles de confiance à 95 % autour de chaque valeur de  $\widehat{M}$  et  $SD(\widehat{M+})$ , en retenant respectivement les percentiles 0,025 et 0,975 comme bornes inférieure et supérieure.

### 3.2.3. Calcul des causes de décès

Afin de déterminer les principales causes de décès survenant au-delà de l'âge modal au décès, nous avons calculé la part respective des causes de décès dans le total des décès observés pour chaque année de calendrier à l'aide de la formule suivante :

$$r_x^i = \frac{D_x^{M+,i}}{D_x^{M+}},$$

où  $r_x^i$ ,  $D_x^{M+,i}$ ,  $D_x^{M+}$  représentent respectivement, pour l'année  $y$ , la proportion de décès provenant de la cause  $i$ , le nombre de décès observés au-delà du mode dus à la cause  $i$ , et le nombre total (toutes causes) de décès observés au-delà du mode. L'évolution de l'importance relative des différentes causes de décès au-delà de l'âge modal au décès nous informera sur les leviers pouvant générer des progrès en matière de longévité.

À noter que nous avons regroupé les différentes causes de décès de deux manières différentes. Dans un premier temps, dans une perspective de transition épidémiologique et sanitaire, nous avons catégorisé les décès en huit grands groupes de causes : 1- Infections, 2- Malnutrition, 3- Cancers, 4- Maladies de l'appareil circulatoire, 5- Maladies de l'appareil respiratoire, 6- Maladies de l'appareil digestif, 7- Accidents, 8- Autres. Cette catégorisation est basée sur la neuvième révision de la Classification internationale des maladies (CIM-9). Dans un second temps, nous avons déterminé les huit causes spécifiques de décès les plus fréquentes afin de mettre en lumière les pathologies méritant une attention particulière et urgente.

## Chapitre 4. Résultats et interprétations

Ce quatrième et dernier chapitre aura pour mission de présenter les principaux résultats de nos analyses. Les deux premières sections traiteront respectivement de l'évolution de la population tananarivienne et des changements observés dans la distribution des décès par âge depuis 1976. Ces éléments nous permettront d'avoir une première idée concernant les tendances démographiques parmi les personnes âgées de la capitale malgache, et seront également particulièrement utiles pour initier une réflexion sur l'évolution future de la longévité ainsi que ses implications en matière de politiques publiques.

Les troisième et quatrième sections aborderont d'abord l'évolution de l'âge modal au décès et ensuite des principales causes de décès survenant au-delà du mode. Nous serons ainsi en mesure de répondre à deux des trois questions de recherche du présent article, à savoir : Des progrès en matière de longévité, plus précisément d'âge modal au décès, ont-ils été réalisés à Antananarivo entre 1976 et 2015 ? Des changements sont-ils survenus dans la distribution des principales causes de décès au-delà de l'âge modal au décès ? Les réponses à ces questions permettront de situer la capitale malgache dans sa transition sanitaire.

La cinquième section analysera l'évolution de la dispersion des décès au-delà du mode, à l'aide de l'indicateur  $SD(M+)$ . Cela nous permettra de répondre à la troisième question de recherche concernant la compression de la mortalité aux grands âges au cours du temps.

Enfin, une sixième et dernière section sera dédiée à des comparaisons avec d'autres sociétés afin de situer « Tana » dans l'expérience empirique et historique d'autres régions du monde.

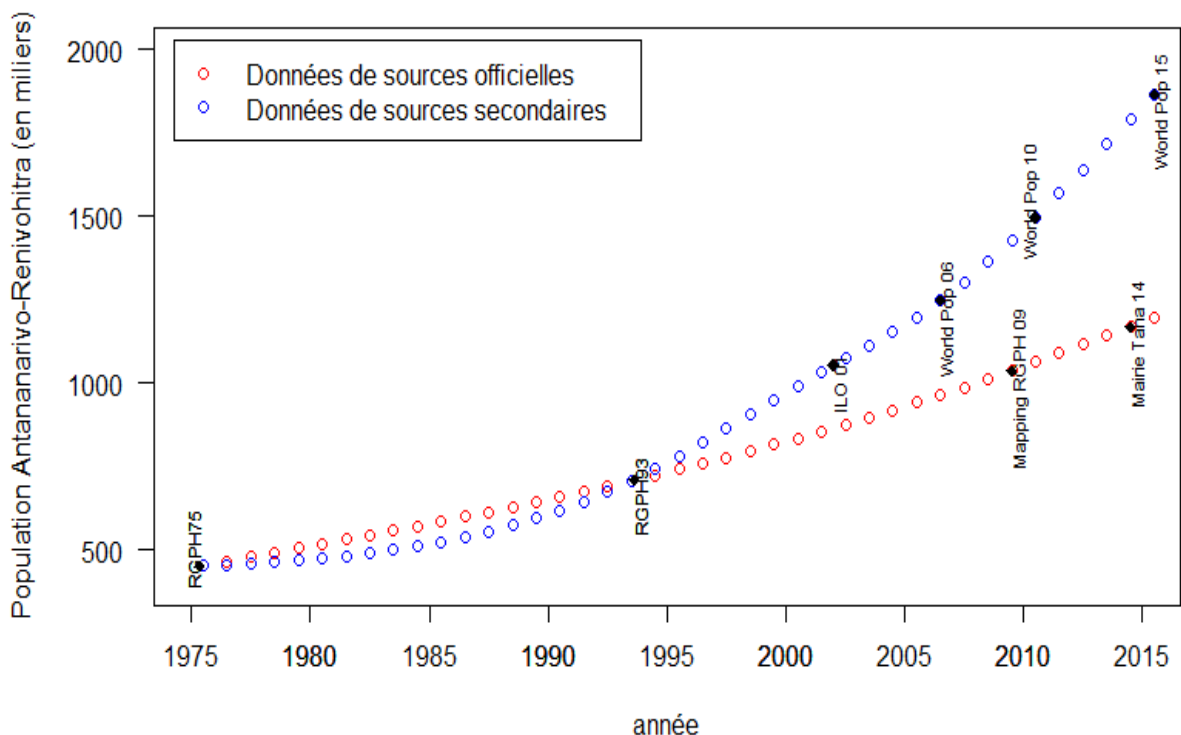
## 4.1. Estimations de population pour Antananarivo (1975 -2015)

La figure 4.1 présente l'évolution de l'effectif total (âges et sexes réunis) estimé de la population de la capitale malgache depuis 1975, obtenue à l'aide des données officielles de recensements et de la méthodologie décrite précédemment à la section 3.2.1.1 (cercles rouges). Des estimations provenant du projet *Ilo* de 2001 (2018) et du projet *WorldPop* (2018) ont également été considérées (cercles bleus). Pour cette recherche, les premières estimations (cercles rouges) ont été retenues, à la fois parce qu'elles s'appuient sur des énumérations à caractère officiel pour Antananarivo, mais également car elles permettent d'obtenir une courbe d'une forme à notre avis bien plus réaliste. En effet, les secondes estimations (cercles bleus), qui reposent sur des données provenant des sources non officielles, décrivent un rythme d'accroissement nettement plus rapide de la taille de la population, jugé moins plausible.

Entre 1975 et 2015, la population tananarivienne a été multipliée par près de trois, passant d'environ 450 000 à un peu moins de 1 200 000 habitants. Cette évolution équivaut à un taux de croissance annuel moyen de 2,5 %, ce qui reste modéré par rapport à la plupart des capitales africaines. Deux éléments principaux peuvent l'expliquer. Le premier concerne la fécondité. Avec un ISF estimé à 3,2 et à 2,7 enfants par femme respectivement en 1992 et 2008-2009 selon les données des EDS, Antananarivo possède un niveau de fécondité parmi les plus faibles comparé aux autres capitales africaines. La baisse continue des niveaux de vie (voir la figure 1.4) est également peu propice à l'explosion urbaine. Les migrations vers la capitale sont en effet relativement peu élevées. À titre d'exemple, en 1995 les migrants ne représentaient que le quart des habitants d'Antananarivo dont la moitié provenant de la propre

province d'Antananarivo (Ravelosoa et Roubaud 1998). Cela reste faible si l'on compare par exemple à Yaoundé (capitale camerounaise), ville dans laquelle les migrants représentent près de la moitié de la population totale. Un des obstacles majeurs aux migrations internes à Madagascar est par ailleurs lié au sous-développement des infrastructures routières, qui limite la circulation des individus sur tout le territoire national.

FIGURE 4.1. Estimations annuelles de l'effectif total (deux sexes et tous âges réunis) de la population d'Antananarivo, 1975-2015



Sources : Calculs de l'auteur à partir des données suivantes : Pour la courbe en rouge – recensement national de 1975 (« RGPH75 », INSTAT) ; recensement national de 1993 (« RGPH93 », INSTAT) ; décompte provisionnel d'une cartographie réalisée en vue du recensement national prévu en 2009 (« Mapping RGPH09 », INSTAT) ; décompte de la population d'Antananarivo de 2014 (« MairieTana14 », mairie d'Antananarivo). Pour la courbe en bleu – données du recensement national de 1975 et de celui de 1993 ; estimations du projet Ilo de 2001 (« ILO 01 ») ; estimations du projet WorldPop de 2018 (« WorldPop 06, 10, 15 »).

De manière plus détaillée, le tableau 4.1 présente l'évolution de la structure par âge des personnes ayant atteint au moins 65 ans dans la population tananarivienne. Rappelons que le passage des effectifs annuels totaux présentés en rouge à la figure 4.1 aux effectifs détaillés par groupes d'âges quinquennaux pour chaque sexe s'est fait suivant la procédure décrite aux sections 3.2.1.2 et 3.2.1.3. Le tableau montre que l'augmentation progressive de la part des personnes âgées, résultante d'une transition démographique avancée, n'a pas encore démarré à Antananarivo. Toutefois, les pyramides des âges de la population de la capitale malgache (figure A.2 et tableau A.3 de l'annexe) permettent d'observer un rétrécissement à la base de la pyramide, et les 40-65 ans représentent une part de plus en plus importante de la population. On assiste donc tout de même à un début de vieillissement démographique.

Ce dernier se traduira par une hausse marquée de la proportion des 65 ans et plus d'ici quelques décennies si la tendance à la baisse de la fécondité venait à se poursuivre. D'ailleurs, une diminution notable de la mortalité aux âges avancés viendrait accentuer le vieillissement démographique de la capitale malgache. Ce dernier point sera discuté dans la section suivante.



TABLEAU 4.1. Estimations de la structure par sexe et âge de la population des 65 ans et plus d'Antananarivo, périodes sélectionnées entre 1975 et 2015

Groupe d'âges	Part de chaque groupe d'âges dans la population totale (%)					
	Hommes			Femmes		
	1975-1979	1993-1997	2011-2015	1975-1979	1993-1997	2011-2015
<b>65-69</b>	1,14	1,08	1,14	1,24	1,28	1,33
<b>70-74</b>	0,74	0,73	0,68	0,86	0,90	0,86
<b>75-79</b>	0,43	0,47	0,40	0,53	0,57	0,56
<b>80-84</b>	0,23	0,26	0,21	0,30	0,31	0,33
<b>85-89</b>	0,13	0,13	0,12	0,15	0,14	0,16
<b>90+</b>	0,07	0,05	0,10	0,05	0,02	0,06
<b>Total</b>	<b>2,74</b>	<b>2,72</b>	<b>2,65</b>	<b>3,13</b>	<b>3,22</b>	<b>3,30</b>

Sources : Calculs de l'auteur à partir des données suivantes : recensement national de 1975 (INSTAT) ; recensement national de 1993 (INSTAT) ; décompte provisionnel d'une cartographie réalisée en vue du recensement national prévu en 2009 (INSTAT) ; décompte de la population d'Antananarivo de 2014 (mairie d'Antananarivo) ; enquêtes démographiques et de santé pour les années 1992, 1997, 2003-2004 et 2008-2009 (CNRE 1994, INSTAT ET MACRO INTERNATIONAL 1998, INSTAT ET ORC MACRO 2005, INSTAT ET ICF MACRO 2010).<sup>4</sup>

## 4.2. Évolution de la distribution des décès selon l'âge et la période

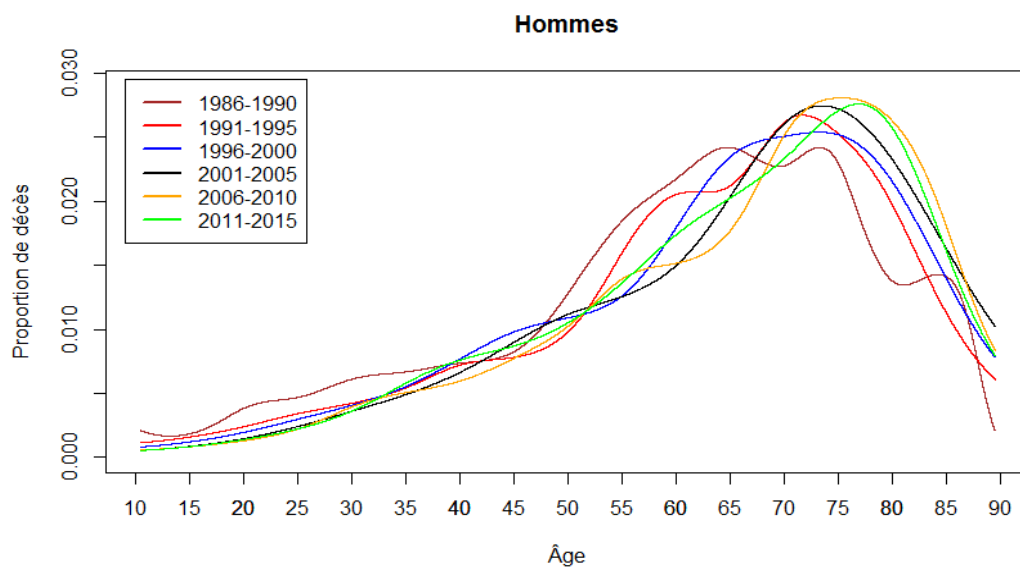
La figure 4.2 décrit l'évolution de la répartition des décès selon l'âge et le sexe à Antananarivo entre les périodes 1986-1990 et 2011-2015. Il convient de rappeler que les deux périodes quinquennales antérieures à 1986 (i.e. 1976-1980, 1981-1985) ont été exclues en raison de biais importants survenant aux âges avancés et liés à la *censure à gauche* des années

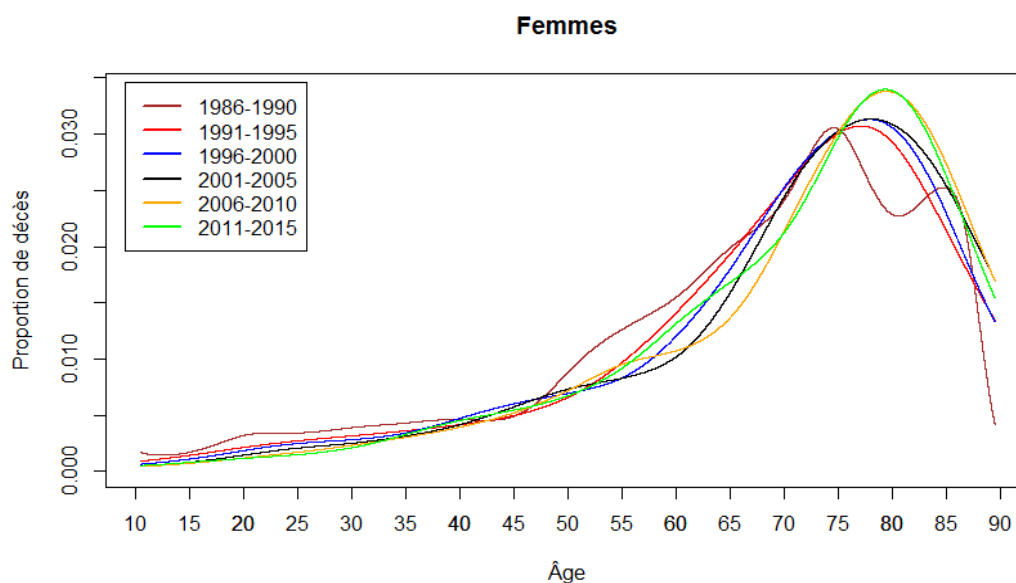
<sup>4</sup> À des fins de comparaison, l'ensemble des calculs ont été refaits en utilisant les estimations démographiques pour Madagascar provenant de l'International Data Base (IDB) du *U.S. Census Bureau*. Les proportions par sexe et groupe d'âges obtenues semblaient cependant conduire à une sous-estimation de la population des 85 ans et plus, et auraient par conséquent surestimé les taux de mortalité à ces âges.

de naissance inférieures à 1900. Nous observons des tendances similaires chez les femmes et les hommes. Globalement, on remarque que la portion de la courbe des décès aux âges adultes s'est affaïssée, signe que la mortalité adulte connaît une baisse continue depuis la crise du milieu des années 1980, malgré une hausse sensible observée entre les périodes 2006-2010 et 2011-2015 dans la tranche d'âges 55-69 ans révolus.

Cette baisse de la mortalité s'explique principalement par la réduction à la fois soutenue et importante des décès liés aux infections. Entre 1986-1990 et 2011-2015, le taux de mortalité imputable aux infections est passé de 1,59 ‰ à 0,44 ‰ chez les femmes d'âges 15-59 ans révolus, et de 2,97 ‰ à 1,01 ‰ chez les hommes du même âge. Ces résultats confirment les avancées de la capitale malgache dans sa transition épidémiologique. Par ailleurs, sur la même période, le taux de mortalité maternelle a été divisé par trois (0,59 ‰ à 0,20 ‰).

FIGURE 4.2. Répartition lissée des décès selon l'âge et le sexe à Antananarivo, 10 à 89 ans révolus, périodes 1986-1990 à 2011-2015





Sources : Calculs de l’auteur à partir des données suivantes : Pour les décès – Registres des décès provenant du Bureau municipal d’hygiène (BMH) d’Antananarivo. Pour les populations soumises au risque – mêmes sources qu’au tableau 4.1.

La hausse de la mortalité observée tant chez les hommes que chez les femmes d’âges 55-69 ans révolus entre 2006-2010 et 2011-2015 est principalement due à une augmentation des décès liés aux affections de l’appareil circulatoire. Le taux de mortalité correspondant s’est accru de 6 % et 15 % pour les hommes et les femmes respectivement. Cette élévation de la mortalité est sans doute une conséquence de la crise politique résultante du coup d’état de 2009, qui s’est notamment traduite par une chute du revenu par habitant et des coupes budgétaires dans le domaine de la santé.

Concernant la mortalité survenant aux âges avancés, deux éléments intéressants sont à noter. Le premier est le léger déplacement de la bosse des décès aux grands âges, à la fois vers la droite et vers le haut au cours du temps, malgré un essoufflement sur la dernière période

quinquennale (figure 4.2). Cette évolution témoigne de progrès continus en matière de longévité que nous analyserons plus en détails dans la section suivante. Le second élément est la bimodalité de la distribution des décès à ces âges pendant la période 1986-1990 pour chaque sexe. On peut ainsi observer les effets d'une importante crise économique et sanitaire, marquée par une forte mortalité prématurée des femmes âgées d'entre 70 et 75 ans et des hommes âgés d'entre 60 et 65 ans.

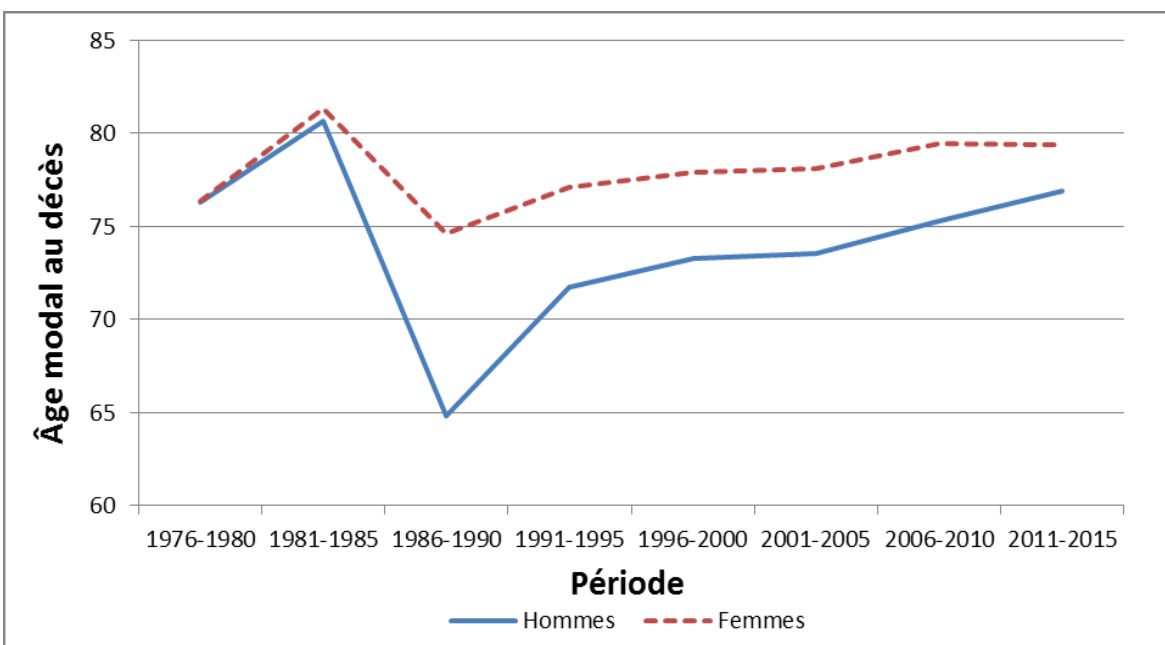
### **4.3. Évolution de l'âge au modal au décès estimé selon le sexe et la période**

La figure 4.3 illustre l'évolution de  $M$  estimé dans la capitale malgache depuis 1976. Pour la réalisation de nos analyses, nous avons ici choisi de calculer  $M$  sur des périodes quinquennales. Cela tient à deux raisons. Tout d'abord pour obtenir plus de robustesse dans les résultats. En effet, nous avons dans un premier temps tenté d'estimer  $M$  par année de calendrier (annexe tableau A.4). Cependant, en raison des petits effectifs, les résultats obtenus connaissent de fortes variations d'une année sur l'autre. Par ailleurs, le choix de périodes de cinq ans permet de mieux rendre compte de l'effet de la crise survenue durant la seconde moitié des années 1980.

Le tableau 4.2 présente de manière chiffrée l'évolution de  $M$ . Dans ce même tableau figurent également les intervalles de confiance qui nous renseignent, entre autres, sur la précision des valeurs estimées pour  $M$ . Plus la largeur de l'intervalle est conséquente, plus grande est l'incertitude entourant l'estimation de  $M$  pour la période et le sexe concernés. Dans

le cas présent, nous observons que cela est particulièrement flagrant chez les hommes pendant toute la décennie des années 1980, et dans une moindre mesure durant la période 1996-2000. En effet, la surmortalité des hommes âgés de 60 ans et plus pendant ces périodes, laquelle est décrite dans la section précédente, a eu pour conséquence de fortement altérer la distribution des décès masculins survenant aux grands âges. Cette surmortalité se produisant à des âges englobant des valeurs de l'âge modal au décès que nous aurions obtenues en temps normaux (hors crise), il n'est guère étonnant que nos estimations de M soient nettement moins précises durant ces deux périodes.

FIGURE 4.3. Évolution de l'âge modal au décès des adultes à Antananarivo, selon le sexe et la période, estimé à l'aide d'une méthode de lissage par P-splines



Sources : Mêmes sources qu'à la figure 4.2.

TABLEAU 4.2. Estimations de l'âge modal au décès et intervalles de confiance bootstrap à 95 % à Antananarivo, selon le sexe et la période

<b>Période</b>	<b>Hommes</b>	<b>Femmes</b>
1976-1980	76,332 (76,12 ; 76,6)	76,386 (76,18 ; 76,58)
1981-1985	80,639 (74,21 ; 92,87)	81,332 (81,09 ; 81,62)
1986-1990	64,814 (52,15 ; 68,69)	74,615 (74,01 ; 75,28)
1991-1995	71,712 (70,82 ; 73,45)	77,116 (74,66 ; 78,11)
1996-2000	73,268 (69,4 ; 77,97)	77,909 (75,56 ; 79,86)
2001-2005	73,524 (71,94 ; 76,1)	78,09 (76,1 ; 79,91)
2006-2010	75,329 (71,96 ; 79,84)	79,47 (78 ; 80,48)
2011-2015	76,904 (75,86 ; 78,08)	79,376 (78,29 ; 80,72)

Sources : Mêmes sources qu'à la figure 4.2.

Nous constatons que l'évolution de  $M$  a connu deux phases durant la période d'intérêt. La première phase est marquée par une chute de  $M$ , conséquence de la grave crise économique et sanitaire survenue au milieu des années 1980. Nous remarquons que son impact est beaucoup plus prononcé chez les hommes que pour les femmes. Il est toutefois difficile de quantifier avec exactitude l'ampleur de cette baisse en raison des biais probables aux âges avancés dont font l'objet les données sur les décès pour les deux premières périodes compte tenu de la censure des années de naissances avant 1900. La seconde phase, qui débute au lendemain de la crise, est quant à elle caractérisée par une hausse continue de  $M$ , tant pour les hommes que pour les femmes. Entre 1991-1995 et 2011-2015, l'augmentation est d'un peu plus de cinq ans chez les hommes contre un peu plus de deux ans chez les femmes. Suivant la crise, l'avantage

des femmes en matière d'âge modal au décès semble donc s'être considérablement réduit. D'ailleurs, le mode a l'air d'avoir stagné à près de 80 ans pour les femmes durant les périodes les plus récentes. Pour les hommes, il se situe désormais autour de 77 ans. Il est intéressant de noter que ces valeurs correspondent à celles observées dans les pays à faible mortalité (e.g. Canada, France, États-Unis) à la veille des progrès significatifs qui y ont été réalisés dans la mortalité aux grands âges. Ces progrès sont survenus respectivement à partir des années 1950 et 1970 chez les femmes et les hommes, en grande partie grâce à la révolution cardiovasculaire (Ouellette et Bourbeau 2011). Il est donc possible que  $M$  se heurte prochainement à une forme de limite si les progrès dans la mortalité cardiovasculaire tardent à venir. Nous y revenons plus en détails dans la section suivante consacrée à l'évolution des causes de décès.

En somme, depuis la crise du milieu des années 1980 des progrès quasi-continus ont été réalisés en matière de longévité dans la capitale malgache, et ce malgré l'instabilité politique récurrente. La section suivante se consacre à l'analyse des causes de décès se produisant au-delà de  $M$ . Nous serons ainsi en mesure de mieux cerner les raisons de l'évolution observée de l'indicateur.

#### **4.4. Évolution des causes de décès survenant au-delà de l'âge modal au décès**

Le tableau 4.3 montre l'évolution de la part que représente chaque grand groupe de causes de décès au cours du temps. Rappelons que ces groupes de causes correspondent aux huit premières grandes catégories de maladies en importance sur toute la période étudiée (pour

plus de détails, voir la section 3.2.3). Parmi celles-ci, nous constatons que la chute de *M* observée sur la période 1986-1990 s'explique principalement par une hausse marquée de la mortalité par malnutrition. En effet, durant cet important épisode de crise, les décès liés à la malnutrition représentaient 6,2 % du total des décès au-delà de *M* chez les hommes et 7,1 % chez les femmes. Au cours de la période suivant la crise (1991-1995), ces proportions n'étaient plus que de 1,7 % et 1,4 % respectivement. Sans surprise, la proportion des décès dus aux infections a continuellement diminué entre le milieu des années 1980 et aujourd'hui. Cette baisse se chiffre à 56,7 % pour les hommes et 61,3 % pour les femmes, et résulte en des parts de décès au-delà de *M* atteignant respectivement 10,7 % et 7,4 % en 2011-2015. Les hommes demeurent ainsi relativement plus exposés à la mortalité par infections aux grands âges que leurs homologues féminins.

Nous remarquons également qu'en parallèle, les maladies de l'appareil circulatoire, les cancers et la catégorie « autres » ont pris une part de plus en plus importante aux grands âges. La hausse de la catégorie « autres » est surtout due à une augmentation des décès par maladie rénale chronique et diabète sucré, comme le montre le tableau 4.4<sup>5</sup> qui présente les huit principales causes spécifiques de décès au-delà de *M*. Par ailleurs, nos calculs (non présentés ici) confirment qu'à ces âges, les taux de mortalité pour chacune de ces trois causes de décès sont en augmentation pour les deux sexes. Les taux par infections sont quant à eux en constante baisse. Sachant que l'augmentation de l'âge modal au décès intervient lorsque la

---

<sup>5</sup> Il convient de noter que les répartitions indiquées dans ce tableau ne sont pas tout à fait comparables dans le temps, dans la mesure où la proportion que représentent les décès dus à chaque cause est directement influencée par les variations des proportions de décès dus à toutes les autres causes possibles.



mortalité diminue au-delà de  $M$ , nous pouvons donc en conclure que quelques minces progrès de longévité sont encore possibles si la mortalité par infections aux âges avancés poursuit la même tendance, ce qui semble probable. Néanmoins, ces progrès seront limités si la mortalité liée aux pathologies chroniques ne diminue pas. Cela semble peu probable dans le court terme en raison de l'impact sur les politiques de santé publique du contexte économique-politique régnant actuellement dans le pays.

TABLEAU 4.3. Proportion des décès dus à chacun des huit grands groupes de causes dans le total (toutes causes) des décès survenant au-delà de l'âge modal au décès à Antananarivo, selon le sexe et la période

<b>A. Hommes (%)</b>								
<b>Causes de décès</b>	<b>1976-1980</b>	<b>1981-1985</b>	<b>1986-1990</b>	<b>1991-1995</b>	<b>1996-2000</b>	<b>2001-2005</b>	<b>2006-2010</b>	<b>2011-2015</b>
<b>Infections</b>	24,4	26,1	24,7	23,9	21,9	15,3	12,2	10,7
<b>Malnutrition</b>	0,9	4,2	6,2	1,7	0,6	0,4	0,5	0,9
<b>Cancers</b>	8,7	5,3	6,7	7,0	7,5	8,2	9,0	9,7
<b>Maladies de l'appareil circulatoire</b>	47,4	45,8	44,2	50,7	50,3	57,2	59,4	57,8
<b>Maladies de l'appareil respiratoire</b>	3,9	3,4	3,9	3,9	6,5	6,2	5,1	6,1
<b>Maladies de l'appareil digestif</b>	3,9	5,1	5,5	4,5	5,2	4,1	3,8	2,8
<b>Accidents</b>	0,4	1,2	1,1	1,7	1,0	1,2	0,5	0,8
<b>Autres</b>	10,4	8,8	7,6	6,6	7,0	7,5	9,5	11,1
<b>B. Femmes (%)</b>								
<b>Causes de décès</b>	<b>1976-1980</b>	<b>1981-1985</b>	<b>1986-1990</b>	<b>1991-1995</b>	<b>1996-2000</b>	<b>2001-2005</b>	<b>2006-2010</b>	<b>2011-2015</b>
<b>Infections</b>	20,4	22,2	19,1	22,3	17,6	11,7	8,9	7,4
<b>Malnutrition</b>	1,0	3,2	7,1	1,4	1,2	0,8	0,6	0,9
<b>Cancers</b>	8,1	5,1	5,5	5,7	5,9	7,5	7,2	8,0
<b>Maladies de l'appareil circulatoire</b>	59,1	56,2	55,4	58,7	60,7	64,0	67,6	66,0
<b>Maladies de l'appareil respiratoire</b>	2,1	3,7	3,1	3,5	5,6	5,9	4,4	4,1
<b>Maladies de l'appareil digestif</b>	2,0	2,3	3,5	2,8	3,5	2,4	3,0	2,6
<b>Accidents</b>	0,6	0,8	1,1	1,0	1,1	0,8	0,3	0,7
<b>Autres</b>	6,8	6,5	5,2	4,6	4,5	6,9	8,0	10,5

Sources : Mêmes sources qu'à la figure 4.2.

TABLEAU 4.4. Proportion des causes spécifiques de décès survenant à l'âge modal au décès et au-delà à Antananarivo, selon le sexe et la période

<b>A. Hommes (%)</b>								
Causes de décès	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015
Infections respiratoires aiguës	14,8	15,2	11,7	13,3	9,4	6,5	6,2	8,3
Cancer de la prostate	2,4	0,6	1,2	1,5	1,7	2,2	2,8	3,9
Maladie cérébro-vasculaire	18,1	13,7	17,3	19,9	19,2	24,7	26,7	27,5
cardiopathie ischémique	19,1	10,2	16,7	15,5	16,4	15,2	14,1	11,1
Autres maladies cardiovasculaires et de l'appareil circulatoire	8,4	20,1	9,1	13,3	12,7	15,5	16,1	10,4
Maladies pulmonaires obstructives chroniques	3,1	2,5	2,4	2,2	4,7	4,1	3,4	4,0
Maladie rénale chronique	3,6	3,2	2,3	1,5	1,8	1,7	2,7	3,0
Diabète sucré	2,6	2,3	2,5	2,6	2,4	2,6	3,9	3,8
<b>Total</b>	<b>72,1</b>	<b>67,8</b>	<b>63,1</b>	<b>69,7</b>	<b>68,1</b>	<b>72,4</b>	<b>75,9</b>	<b>72,2</b>
<b>B. Femmes (%)</b>								
Causes de décès	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015
Infections respiratoires aiguës	14,5	12,7	9,5	12,2	6,9	4,8	4,8	5,7
Cancer du sein	2,3	0,9	1,6	1,1	1,5	2,3	2,1	2,1
Maladie cérébro-vasculaire	22,7	17,3	20,8	21,8	23,4	28,8	29,2	30,2
cardiopathie ischémique	14,7	10,9	11,3	11,1	11,1	10,5	10,5	8,8
Autres maladies cardiovasculaires et de l'appareil circulatoire	20,1	25,4	21,7	23,1	23,3	22,8	24,2	15,7
Maladies pulmonaires obstructives chroniques	1,8	2,5	2,1	2,9	4,7	4,4	2,9	3,0
Maladie rénale chronique	2,0	1,4	1,3	1,3	1,3	1,0	2,2	2,3
Diabète sucré	3,0	2,8	2,8	2,0	2,1	3,6	3,1	4,5
<b>Total</b>	<b>81,2</b>	<b>73,9</b>	<b>71,0</b>	<b>75,5</b>	<b>74,2</b>	<b>78,2</b>	<b>78,9</b>	<b>72,3</b>

Sources : Mêmes sources qu'à la figure 4.2.

Le tableau 4.4 nous permet aussi de constater que pour la période la plus récente, les maladies cérébrovasculaires, les cardiopathies ischémiques, et les autres maladies cardiovasculaires et de l'appareil respiratoire<sup>6</sup> représentent à elles trois près de 50 % du total des décès survenant aux âges avancés, tant chez les hommes que chez les femmes. Les maladies cérébrovasculaires expliquent à elles seules de 25 % à 30 % du total. Des progrès significatifs en longévité

<sup>6</sup> Correspondent aux troubles valvulaires non rhumatismales et aux embolies pulmonaires.

passeront donc à l'avenir par des actions concrètes visant à réduire la mortalité liée à ces affections. Par ailleurs, nous observons une recrudescence des infections respiratoires aiguës sur la période la plus récente. Cette hausse se chiffre à 30 % chez les hommes et à 20 % chez les femmes entre 2006-2010 et 2011-2015. Les coupes budgétaires opérées dans le domaine de la santé par le gouvernement malgache après le coup d'état de 2009 y ont probablement contribué. Un réinvestissement est ainsi nécessaire afin d'offrir un plus grand accès aux traitements appropriés, les décès associés à ces infections étant largement évitables. Enfin, nous remarquons que le diabète sucré devient graduellement plus présent dans la mortalité aux âges avancés. Il mérite donc désormais une attention particulière dans les politiques futures de santé publique.

En somme, la ville d'Antananarivo semble particulièrement bien avancée dans sa transition épidémiologique. Néanmoins, alors que cette dernière n'est pas encore totalement complétée, la capitale malgache doit désormais faire face aux défis de la seconde étape de la transition sanitaire telle que définie par Vallin et Meslé (2010), c'est-à-dire aux maladies dites chroniques et en particulier, celles liées à l'appareil circulatoire. Les données sur les causes de décès indiquent qu'il devient désormais nécessaire d'agir sur cinq leviers principaux afin de générer des progrès en matière de longévité : 1- Maladie cérébrovasculaires, 2- Cardiopathies ischémiques, 3- Autres maladies cardiovasculaires et de l'appareil circulatoire, 4- Infections respiratoires aiguës, 5- Diabète sucré. Ces cinq causes combinées représentent 61,1 % des décès masculins et 64,9 % des décès féminins au-delà de *M* en 2011-2015. Le climat socio-économique et politique de Madagascar est certes relativement tendu, ce qui rend la mise en place d'actions efficaces difficile. Cependant, les autorités malgaches pourraient s'inspirer de

l'expérience historique des pays à faible mortalité, surtout concernant les actions peu coûteuses existantes, afin de réduire considérablement ce fardeau.

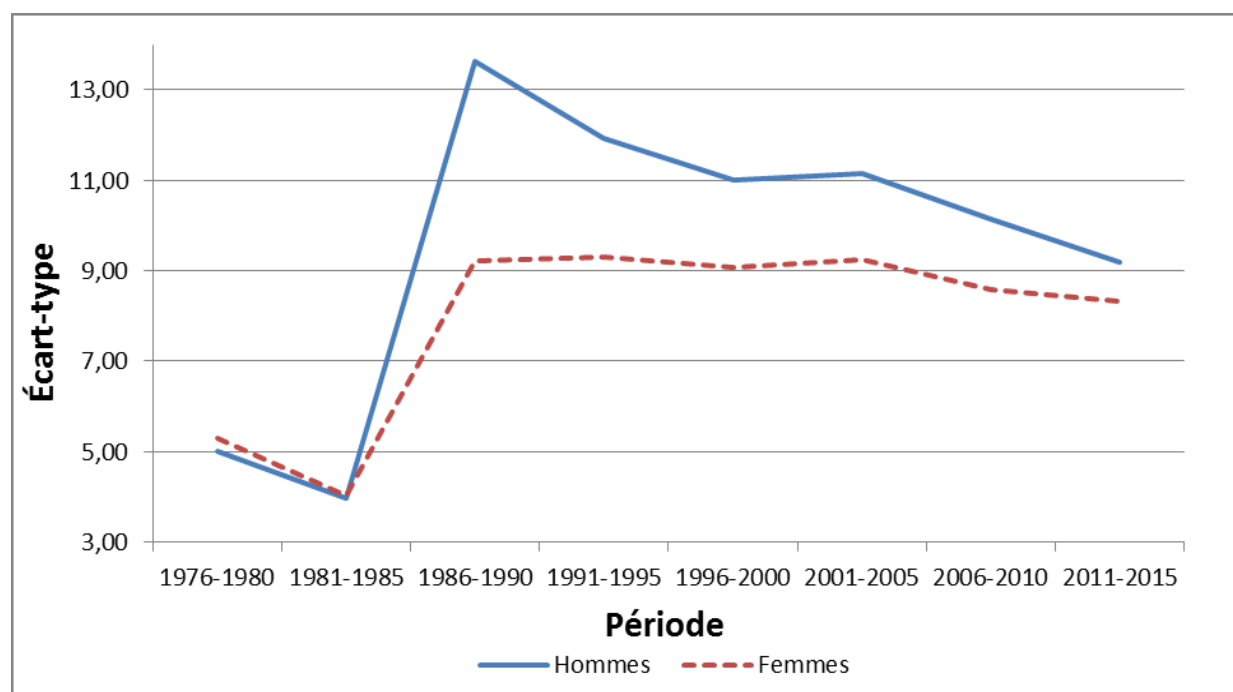
#### **4.5. Évolution de la dispersion des décès survenant au niveau du mode et au-delà**

La dispersion de la mortalité survenant aux grands âges, mesurée à l'aide de nos estimations de l'écart-type des durées de vie au-delà de l'âge modal au décès ( $SD(\widehat{M+})$ ), permet de décrire le degré d'homogénéité ou d'hétérogénéité des durées de vie aux âges avancés. À partir de la figure 4.4, nous remarquons que pour chaque sexe, cette dispersion a diminué depuis la crise du milieu des années 1980. La réduction a été plus prononcée chez les hommes, ce qui est attendu dans la mesure où l'âge modal au décès a plus fortement augmenté pour les hommes que pour les femmes sur la période d'intérêt. En effet, une plus forte augmentation du mode est habituellement associée à une moindre dispersion des décès se produisant au niveau du mode et au-delà. Rappelons que le phénomène de hausse de  $M$  combiné à une baisse de  $SD(M+)$  est connu sous le nom de compression de la mortalité aux grands âges.

Cette compression de la mortalité indique que les inégalités devant la mort ont diminué aux âges avancés. Toutefois, avec l'indicateur  $SD(\widehat{M+})$  s'élevant à 9,20 ans pour les hommes et à 8,32 ans pour les femmes, de fortes disparités subsistent dans la capitale malgache (tableau 4.5). En comparaison, dans des pays à faible mortalité tels le Canada, la France ou le Japon, les valeurs de  $SD(\widehat{M+})$  avoisinent plutôt 6 ou 7 ans respectivement chez les hommes et les

femmes en 2008 (Ouellette et Bourbeau 2011). Au moins deux raisons peuvent expliquer les fortes disparités à Antananarivo. La première est liée à la valeur relativement basse de  $M$ . À titre d'exemple, les valeurs de l'âge modal au décès et de l'écart-type associé pour le Canada en 1950 étaient très similaires à celles d'Antananarivo en 2011-2015. Avec les importants progrès en longévité réalisés grâce à la révolution cardiovasculaire, la compression de la mortalité s'est avérée très forte au Canada entre 1950 et 2008. Une seconde raison concerne les inégalités socio-économiques. En effet, aux États-Unis, par exemple, la dispersion considérable des décès s'expliquerait par de fortes inégalités sociales (Murray et coll. 2006; Brown et coll. 2012).

FIGURE 4.4. Évolution de l'écart type des durées de vie au-delà de l'âge modal au décès à Antananarivo, selon le sexe et la période, estimé à l'aide d'une méthode de lissage par P-splines



Sources : Mêmes sources qu'à la figure 4.2.

TABLEAU 4.5. Valeurs d'écart type des durées de vie au-delà de l'âge modal au décès à Antananarivo, selon le sexe et la période, estimées à l'aide d'une méthode de lissage par P-splines

<b>Période</b>	<b>Hommes</b>	<b>Femmes</b>
1976-1980	4,99	5,28
1981-1985	3,97	4,03
1986-1990	13,62	9,21
1991-1995	11,93	9,31
1996-2000	11,00	9,08
2001-2005	11,16	9,25
2006-2010	10,15	8,58
2011-2015	9,20	8,32

Sources : Mêmes sources qu'à la figure 4.2.

#### **4.6. Comparaisons avec d'autres sociétés**

Cette dernière section nous permet de mettre en perspective les résultats obtenus, à l'aide du tableau 4.6, reposant en grande partie sur les travaux de Gurven et Kaplan (2007). Le tableau présente les données sur l'âge modal au décès pour deux sociétés traditionnelles de chasseurs cueilleurs (Ache, Hiwi), deux sociétés de chasseurs cueilleurs acculturées (Ache reservation, Northern Territories Aborigines), la Suède ancienne, la Suisse des années 1950 ainsi que les États-Unis de 2002.

Comme nous pouvons le constater, au lendemain de la crise du milieu des années 1980, l'âge le plus fréquent au décès à Antananarivo était similaire à celui de la Suède du XVIIIe siècle et du peuple Aches avant contact avec la civilisation. La principale différence réside dans le fait

que la mortalité prématurée y était moindre, tel qu'indiqué par la proportion d'individus décédés au niveau du mode et au-delà. En effet, les forts niveaux de mortalité aux jeunes âges observés dans une société traditionnelle de chasseurs cueilleurs telle que les Aches peut s'expliquer par les taux élevés d'homicides et d'accidents de forêts. Pour une société ancienne telle que la Suède 1751-1759, cela peut s'expliquer par la non-existence des soins de santé modernes, de la vaccination et des systèmes d'assainissement public (Gurven et Kaplan 2007). Il est d'ailleurs intéressant de remarquer qu'après la sédentarisation des Aches, leur situation a drastiquement changé. La réduction de la violence qui en a résulté, ainsi que la meilleure attention médicale ont permis d'énormes progrès de longévité, l'âge modal au décès passant de 71 à 78 ans. De plus, dans le même temps, la part d'individus survivant jusqu'à ces âges élevés a largement augmenté. C'est ce qui s'est globalement passé à Antananarivo entre les périodes 1991-1995 et 2011-2015. Un meilleur accès aux médicaments a permis une nette diminution de la mortalité aux jeunes âges (Masquelier et coll. 2014), mais aussi aux grands âges, comme le montrent les résultats de la présente recherche, et ce malgré une instabilité politico-économique continue. En matière de longévité, Antananarivo se trouve désormais au niveau de pays à faible mortalité comme la Suisse ou le Canada, à l'étape d'une pré-révolution cardiovasculaire. Afin de se rapprocher des valeurs actuelles de l'âge modal au décès de ces pays, deux éléments sont nécessaires. Tout d'abord, le maintien de la lutte contre les infections. La crise survenue dans les années 1980 illustre bien le fait que rien n'est acquis et qu'une certaine complaisance peut avoir des conséquences désastreuses. En parallèle, répétons qu'il devient primordial de mettre en place des actions concrètes visant à réduire la mortalité associée aux affections de l'appareil circulatoire.

TABLEAU 4.6. Âges modaux au décès pour différentes sociétés, sexes confondus

<b>Population</b>	<b>Âge modal au décès (M)</b>	<b>Proportion de décès adultes au niveau de M</b>	<b>Proportion de décès adultes au niveau de M et au-delà</b>
Ache	71	2,1	24,5
Hiwi	68	3,3	17,9
Antananarivo 1991-1995	72	2,7	43,6
Ache (en réserve)	78	3	30,5
Aborigènes	74	2,7	35,4
Suède 1751-1759	72	2,3	24,3
Suisse 1950	78	3,5	35,9
États-Unis 2002	85	3,5	35,3
Antananarivo 2011-2015	78	3	31,3

Sources : Pour Antananarivo – Mêmes sources qu’à la figure 4.2. Pour la Suisse – Human Mortality Database. Pour les autres – Gurven et Kaplan (2007).



## Conclusion

Dans cette dernière partie du mémoire, nous nous efforcerons donc de situer ces résultats par rapport aux questions de recherches initiales. Nous discuterons également leurs implications en matière de politiques de santé publique.

Tout d'abord, nous voulions savoir comment avait évolué l'âge modal au décès (soit l'âge le plus fréquent au décès) à Antananarivo depuis 1976. Néanmoins, en raison d'une limite liée aux données, sur laquelle nous reviendrons un peu plus bas, nous n'avons pu estimer avec exactitude les valeurs de notre indicateur pour les premières années d'observation. Les résultats permettent toutefois de dégager clairement deux phases. La première est marquée par une importante chute de l'âge modal au décès dans la capitale malgache durant la seconde moitié des années 1980, suite à une grave crise économique à laquelle s'est ajoutée une crise sanitaire avec la résurgence du paludisme. La seconde est marquée par des progrès continus en longévité entre 1991-1995 et 2011-2015, le mode augmentant d'un peu plus de 5 années et de 2 années respectivement chez les hommes et les femmes, malgré une instabilité politique et économique constante sur toute cette période. Les intervalles de confiance bootstrap à 95 % montre que ces gains sont statistiquement significatifs. Ces améliorations ont dépassé nos attentes de départ. En effet, Masquelier et collaborateurs (2014) ont montré que la baisse de la mortalité causée par les infections avait surtout été bénéfique aux très jeunes âges, tandis que les progrès aux âges adultes ont été relativement limités dans la mesure où les gains en mortalité ont été compensés en partie par la hausse de la mortalité cardiovasculaire. Nos résultats suggèrent donc que la lutte contre les infections a également été bénéfique aux grands

âges. Par ailleurs, nous avons anticipé une certaine stagnation de l'âge modal au décès pour les périodes les plus récentes. Cela s'est réalisé chez les femmes, l'indicateur ayant stagné à un peu moins de 80 ans entre 2006-2010 et 2011-2015. Cependant, il ne semble toujours pas que ce soit le cas chez les hommes, l'indicateur ayant continuellement augmenté pour s'établir aux alentours de 77 ans en 2011-2015. Les écarts d'âge modal au décès entre les deux sexes se sont ainsi considérablement réduits au cours du temps : 2,5 ans pendant la période 2011-2015 contre 5,4 ans en 1991-1995.

Un deuxième constat que nous pouvons tirer de notre étude est que les améliorations de longévité décrites dans le paragraphe précédent sont, après analyse des changements dans la distribution des décès par causes, principalement attribuables à la baisse spectaculaire de la mortalité infectieuse et en particulier à celles liées aux maladies diarrhéiques, au système respiratoire inférieur et au paludisme. Dans une moindre mesure la réduction de la mortalité associée à la malnutrition et aux accidents ont également contribué à ces progrès. En parallèle, les affections de l'appareil circulatoire, les cancers et le diabète sucré occupent une part croissante dans l'ensemble des décès, confirmant ainsi notre hypothèse de départ. Les taux de mortalité pour ces causes semblent en constante augmentation, probablement parce qu'aucune amélioration dans le traitement de ces pathologies n'est survenue. Les maladies chroniques sont donc devenues un fardeau à Antananarivo. Par ailleurs, nos estimations de population montrent un rétrécissement de la base de la pyramide des âges au fil du temps. Si cette tendance se poursuit, la capitale malgache devrait connaître un vieillissement marqué de sa population d'ici quelques décennies. Dans le cas où aucune mesure efficace ne serait prise pour enrayer cette dynamique, ce qui n'est pas impossible en raison du contexte politico-

économique actuel, ces maladies chroniques pourraient se transformer en un véritable fléau dans la capitale malgache.

En troisième lieu, nos estimations de la dispersion des décès survenant au-delà de l'âge modal au décès indiquent une compression significative de la mortalité durant la période d'observation, surtout en ce qui concerne les hommes. Ce phénomène était attendu. Ainsi, l'écart-type des durées de vie au-delà du mode, indicateur utilisé afin de mesurer la dispersion, a diminué de 2,73 ans chez les hommes et de 0,99 ans chez les femmes entre 1991-1995 et 2011-2015. Néanmoins, ces écarts-types restent relativement élevés, s'établissant actuellement à 9,20 et 8,32 années pour les hommes et les femmes respectivement. En effet, les inégalités sociales sont fortes à Madagascar, en particulier en zones urbaines (Be, 2016). L'accès aux soins de santé est considéré comme « un privilège de riche ». Dans ces conditions, il est fort probable que les plus nantis tendent à vivre bien plus longtemps que la moyenne, maintenant ainsi d'importantes inégalités devant la mort aux âges avancés.

En dernier lieu, la comparaison avec d'autres sociétés nous permet de mettre en perspective les progrès en longévité réalisés à Antananarivo. En 1991-1995, au lendemain de la crise de la seconde moitié des années 1980, l'âge modal au décès y était encore à des niveaux similaires à ceux observés chez des sociétés traditionnelles de chasseurs cueilleurs ou anciennes, telle que la Suède de 1751-1759. La principale différence résidait alors dans le fait que, contrairement à ces sociétés, une proportion nettement plus élevée d'individus survivait jusqu'au mode et au-delà dans la capitale malgache, notamment grâce à la vaccination qui a permis d'éviter bon nombre de décès prématurés. Cependant, par la suite les progrès ont été tels que l'âge modal

au décès à Antananarivo se situe désormais à un niveau similaire à celui des pays à faible mortalité dans les années 1950, c'est-à-dire peu de temps avant le début de leur révolution cardiovasculaire. Ces résultats montrent que la ville d'Antananarivo est clairement bien avancée dans sa transition épidémiologique (première étape de la transition sanitaire). Son âge modal au décès, qui s'établit à 78 ans sexes confondus en 2011-2015, est situé à mi-chemin entre celui de sociétés n'ayant pas encore connu leur transition épidémiologique (sociétés traditionnelles de chasseurs cueilleurs, Suède en 1751-1759) et celui de sociétés ayant connu leur révolution cardiovasculaire (États-Unis 2002). Évidemment, il convient de rappeler que ces conclusions ne peuvent pas être généralisées à tout le pays puisque la capitale malgache jouit clairement d'une situation plus favorable.

L'analyse des changements dans la distribution des principales causes de décès survenant aux âges avancés nous permet d'en tirer des implications en matière de politiques de santé publique. En effet, ces informations peuvent aider les autorités tananariviennes à mettre en œuvre des interventions appropriées afin de réduire à la fois la morbidité et la mortalité. Nous sommes en mesure d'identifier deux lignes d'actions. Premièrement, il est nécessaire de poursuivre les efforts consentis à réduire les maladies infectieuses. Par le fait, la transition épidémiologique n'est pas un processus linéaire. Les pris-pour-acquis peuvent mener à un retour en arrière, et ainsi conduire à revivre une crise sanitaire similaire à celle survenue dans les années 1980. Par ailleurs, il est désormais primordial d'appliquer des mesures visant à avoir un impact positif sur la santé cardiaque. Étant donné le contexte socio-économique à Antananarivo, les traitements coûteux semblent hors de portée. Néanmoins, deux manières relativement peu coûteuses peuvent contribuer à réduire significativement les facteurs de

risques : la prévention primaire et la prévention secondaire. La prévention primaire consiste à mettre en place des stratégies à l'échelle de la population dont les objectifs sont la diminution de la consommation de tabac et d'alcool, ainsi que la promotion d'une alimentation saine et de la pratique d'une activité physique quotidienne. Pour y parvenir, les autorités peuvent par exemple s'accorder avec l'industrie alimentaire afin de réduire le contenu en sodium des produits, ou encore avoir recours aux campagnes d'éducation de masse (Lindholm et Mendis 2007). La prévention secondaire consiste, quant à elle, à déceler à un stade précoce les maladies qui n'ont pas pu être évitées par la prévention primaire. Les autorités malgaches travaillent depuis 2015 à mettre en œuvre une couverture sanitaire universelle (CSU), laquelle vise « à ce que l'ensemble de la population ait accès aux services préventifs, curatifs, palliatifs, à la réadaptation et la promotion de la santé dont elle a besoin et à ce que ces services soit de qualité suffisante pour être efficaces, sans que leur coût n'entraîne des difficultés financières pour les usagers. ». La réalisation de ce projet ambitieux entraînerait probablement une amélioration marquée et durable de la santé des individus.

Aucune recherche antérieure n'a effectué d'analyse aussi détaillée de la mortalité aux grands âges en Afrique subsaharienne de la manière dont nous l'avons fait dans le présent mémoire. Avec une source de données aussi complète et d'une aussi grande qualité que les registres de décès provenant du Bureau municipal d'hygiène (BMH) d'Antananarivo, notre étude présente des résultats inédits et permet de d'obtenir un premier portrait de la longévité dans cette région d'Afrique subsaharienne à l'aide d'un indicateur particulièrement adapté, soit l'âge modal au décès. Bien que cette recherche aide à comprendre l'évolution de la mortalité aux âges avancés dans la capitale malgache depuis les 40 dernières années, il convient tout de même de

mentionner les limites de notre étude. Premièrement, l'analyse de la mortalité aux grands âges à l'aide des indicateurs habituels,  $M$  et  $SD(M+)$ , dans une région qui est encore qu'au début de sa transition sanitaire présentait un défi de taille, car le contexte épidémiologique fait en sorte que les conditions de mortalité sont plus volatiles. Dans le cas présent, cela est particulièrement vrai avec la résurgence du paludisme suite à la crise économique du milieu des années 1980, une période durant laquelle la distribution des décès aux âges avancés est bimodale, rendant nos estimations de  $M$  et  $SD(M+)$  plus vulnérables aux imprécisions.

Citons ensuite la censure à gauche des données sur les naissances survenues avant 1900, qui ne nous permet pas d'obtenir des estimations précises et valides de l'âge modal au décès, ni de l'indicateur de dispersion qui lui est associé pour les deux premières périodes d'observation, en l'occurrence 1976-1980 et 1981-1985. Aucune solution n'a pu résoudre ce problème.

En guise de troisième limite, nous pouvons souligner l'incertitude entourant nos séries d'estimations de population. En effet, les différentes sources de données utilisées pour estimer la population tananarivienne par année d'âge et année de calendrier contenaient des groupes d'âges ouverts à 75 ou 80 ans. Afin de reconstituer la population aux âges avancés, nous avons par conséquent dû recourir à une méthode d'extrapolation basée sur des hypothèses fortes. Il est possible que cette approche ait été source de biais dans nos résultats, en menant à des taux de mortalité plus ou moins éloignés de la réalité. Par ailleurs, Randall et Coast (2016) ont documenté que les enquêtes démographiques et de santé (EDS) avaient tendance à sous-énumérer certains sous-groupes de la population, dont les femmes âgées, ce qui peut également avoir conduit à d'autres biais dans nos estimations de population.

Enfin, une dernière limite concerne de possibles failles dans la qualité des données. Tout d'abord, il se peut qu'une certaine proportion plus ou moins élevée de personnes âgées ait décidé de passer leurs derniers jours en dehors d'Antananarivo, conduisant ainsi à des sous-enregistrements des décès. De plus, des erreurs dans la déclaration des âges au décès des défunts est également possible. Cependant, après analyses des âges au décès, nous ne décelons pas de phénomène d'attraction pour les âges ronds ou d'évidentes exagérations dans les âges au décès déclarés.

Au vu de la cohérence générale de nos résultats, ces différentes limites ne semblent pas avoir constitué d'obstacles majeurs dans notre étude. Toutefois, il est clair que dans le cadre de futures recherches, quelques améliorations soient apportées en introduisant un groupe d'âge ouvert plus élevé dans les prochains recensements, à 90 ans par exemple, ou encore en apportant des corrections aux sous-énumérations de certains sous-groupes de population dans les EDS. Instaurer des registres de décès similaires à ceux du BMH d'Antananarivo dans d'autres régions d'Afrique subsaharienne serait par ailleurs extrêmement intéressant afin de fournir un excellent outil pour guider les futures politiques de santé publique.

La prochaine étape de cette recherche consistera à actualiser et ajuster nos estimations de population à l'aide du dernier recensement de population réalisé en 2018 et dont les résultats devraient être publiés prochainement. Cette actualisation sera également l'occasion d'observer l'évolution de l'âge modal au décès depuis 2015. Par ailleurs, si les données le permettent, il pourra être intéressant de conduire une analyse à un niveau géographique plus fin afin de rendre compte des possibles inégalités existantes entre les six différents districts de la capitale malgache en matière de longévité.

## Bibliographie

ANTOINE, P., BOCQUIER, P., RAZAFINDRATSIMA, N., & ROUBAUD, F. (2000). Biographies de trois générations dans l'agglomération d'Antananarivo : premiers résultats de l'enquête BIOMAD98. *Documents et manuels du CEPED*, n° 11, 141 p.

BANQUE MONDIALE (2014). *Opportunités et défis pour une croissance inclusive et résiliente : recueil de notes de politique pour Madagascar*, Washington, DC : World Bank Group., 325 p.

BE, P. (2016). *Madagascar vers une croissance inclusive au développement durable*. Mémoire de maîtrise, Université de Toamasina, Madagascar, 98 p.

BROWN, D. C., HAYWARD, M. D., MONTEZ, J. K., HUMMER, R. A., CHIÙ, C.-T., & HIDAJAT, M. M. (2012). The Significance of Education for Mortality Compression in the United States. *Demography (Vol. 49)* n° 3, p. 819-840.

CALOT, G., & SARDON, J.-P. (2003). Méthodologie relative au calcul des indicateurs démographiques d'Eurostat. Rapport détaillé de l'Observatoire Démographique Européen (ODE). *Population et conditions sociale 3/2003/E/n°26*, Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés européennes, 136 p.

CAMARDA, C.G. (2012). MortalitySmooth: An R Package for Smoothing Poisson Counts with P-Splines. *Journal of Statistical Software (Vol. 50)* n° 1, p. 1-24.

CANON, L. (2018). *Analyse de la distribution des décès aux grands âges selon le niveau de scolarité à partir d'un suivi de la mortalité sur 20 ans au Canada*. Mémoire de maîtrise, Université de Montréal, Département de démographie, Montréal, 65 p.

CANTRELLE, P., RALIJAONA, O., RANDRETSIA, I., & WALTISPERGER, D. (2005). *La mortalité saisonnière à Madagascar*. Communication présentée au 25e Congrès International



de la Population (UIESP), Tours, France, 18-23 juillet 2005, séance 905 : climat, population et santé.

CANUDAS-ROMO, V. (2008). The Modal Age at Death and the Shifting Mortality Hypothesis. *Demographic Research (Vol. 19)*, art. 30, p. 1179-1204.

CANUDAS-ROMO, V. (2010). Three Measures of Longevity: Time Trends and Record Values. *Demography (Vol. 47)* n° 2, p. 299-312.

CHESNAIS, J.-C. (1986). La théorie originelle de la transition démographique : validité et limites du modèle. Dans ORSTOM, *les changements où la transition démographique dans le monde contemporain en développement*, Paris, p. 205–233.

CHEUNG, S. L. K., & ROBINE, J.-M. (2007). Increase in Common Longevity and the Compression of Mortality: The Case of Japan. *Population Studies (Vol. 61)* n° 1, p. 85-97.

CHEUNG, S. L. K., ROBINE, J.-M., & CASELLI, G. (2008). The Use of Cohort and Period Data to Explore Changes in Adult Longevity in Low Mortality Countries. *Genus (Vol. 64)* n°1-2, p. 101-129.

CHEUNG, S. L. K., ROBINE, J.-M., PACCAUD, F., & MARAZZI, A. (2009). Dissecting the Compression of Mortality in Switzerland, 1876-2005. *Demographic Research (Vol. 21)*, art. 19, p. 569-598.

CLAY, E. (2014). *Modal Age at Death: Mortality Trends in England and Wales 1841–2010*. Communication présentée au “Living to 100” Symposium of the Society of Actuaries, Orlando, Floride, 8-10 janvier 2014.

COHEN, B., & MENKEN, J. (2006). *Aging in Sub-Saharan Africa: Recommendations for Furthering Research*. Panel on policy research and data needs to meet the challenge of aging in Africa. Committee on Population, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press, 356 p.

CNRE (1994). *Enquête Nationale Démographique et Sanitaire 1992, Madagascar*. Claverton: Centre National de Recherches sur l'Environnement (CNRE) et enquêtes démographiques et de santé, MACRO INTERNATIONAL.

DIACONU, V., BOURBEAU, R., OUELLETTE, N., & CAMARDA, C.G. (2014). *Tendances de la durée de vie modale selon les principales causes de décès*. Communication présentée au 7e Colloque Jeunes Chercheurs du CIQSS, Montréal, 29 mai 2014.

DIACONU, V., OUELLETTE, N., CAMARDA, C.G., & BOURBEAU, R. (2016). Insight on 'typical' longevity: An analysis of the modal lifespan by leading causes of death in Canada. *Demographic Research (Vol. 35)*, p. 471-504.

EILERS, P.H.C., & MARX, B.D. (1996). Flexible smoothing with B-splines and penalties. *Statistical Science (Vol. 11)* n° 2, p. 89-102.

FRENK, J., BOBADILLA, J. L., STERN, C., FREJKA, T., & LOZANO, R. (1991). Elements for a theory of the health transition. *Health Transition Review (Vol. 1)* n° 1, p. 21-38.

GERLAND, P., BIDDLECOM, A., & KANTOROVÁ, V. (2017). Patterns of Fertility Decline and the Impact of Alternative Scenarios of Future Fertility Change in sub-Saharan Africa. *Population and Development Review (Vol. 41)* n° 1, p. 21-38.

GURVEN, M., & KAPLAN, H. (2007). Longevity among Hunter-Gatherers: A Cross-Cultural Examination. *Population and Development Review (Vol. 33)* n° 2, p. 321-365.

HORIUCHI, S., & WILMOTH, J. (1998). Deceleration in the age pattern of mortality at older ages. *Demography (Vol. 35)* n° 4, p. 391-412.

HORIUCHI, S., OUELLETTE, N., CHEUNG, S. L. K., & ROBINE, J.-M. (2013). Modal Age at Death: Lifespan Indicator in the Era of Longevity Extension. *Vienna Yearbook of Population Research (Vol. 11)*, p. 37-69.

ILO PROJECT (2018). Recensement des communes 2001, Cornell University (É.-U.), en collaboration avec FOFIFA et INSTAT. Données téléchargées du site Internet suivant : [www.ilo.cornell.edu/ilo/data.html](http://www.ilo.cornell.edu/ilo/data.html) (consulté le 18 novembre 2018).

INSTAT, & MACRO INTERNATIONAL (1998). *Enquête démographique et de santé, Madagascar 1997*. Claverton, UK: INSTAT et MACRO INTERNATIONAL.

INSTAT, & ORC MACRO (2005). *Enquête démographique et de santé de Madagascar 2003-2004*. Claverton, Maryland, USA : INSTAT et ORC MACRO.

INSTAT, & ICF MACRO (2010). *Enquête démographique et de santé de Madagascar 2008-2009*. Antananarivo, Madagascar : INSTAT et ICF MACRO.

KANNISTO, V. (1996). The Advancing Frontier of Survival Life Tables for Old Age. *Odense Monographs on Population Aging 3*, Odense University Press, Odense.

KANNISTO, V. (2001). Mode et dispersion de la durée de vie. *Population (édition française) (Vol. 56) n° 1*, p. 183-198.

KOISSI, M.-C., SHAPIRO, A., & HÖGNÄS, G. (2006). Evaluating and extending the Lee-Carter model for mortality forecasting: Bootstrap confidence interval. *Insurance: Mathematics and Economics (Vol. 38) n° 1*, p. 1–20.

KUATE-DEFO, B. (2014). Beyond the “transition” frameworks: the cross-continuum of health, disease and mortality framework. *Global Health Action (Vol. 7)*, art. 24804.

LECOURS, C. (2011). *Les inégalités sociales dans la durée de vie la plus commune : la répartition des décès selon l'âge et le quintile de défavorisation au Québec en 2000-2002 et 2005-2007*. Mémoire de maîtrise, Université de Montréal, Département de démographie, Montréal, 84 p.

LEXIS, W. (1878). “Sur la durée normale de la vie humaine et sur la théorie de la stabilité des

rapports statistiques.” *Annales de Démographie Internationale (Vol. 2)* n° 5, p. 447–460.

LINDHOLM, L., & MENDIS, S. (2007). Prevention of cardiovascular disease in developing countries. *The Lancet (Vol. 370)* n° 9589, p. 720-722.

MARTEL, S., & BOURBEAU, R. (2003). Compression de la mortalité et rectangularisation de la courbe de survie au Québec au cours du XXe siècle. *Cahiers québécois de démographie (Vol. 32)* n° 1, p. 43-75.

MASQUELIER, B., WALTISPERGER, D., RALIJAONA, O., PISON, G., & RAVELO, A. (2014). The epidemiological transition in Antananarivo, Madagascar: An assessment based on death registers (1900-2012). *Global Health Action (Vol. 7)*, art. 23237.

MASQUELIER, B., & KANTÉ, A. M. (2017). Mortality, Health, and Aging in Sub-Saharan Africa. Dans Hans Groth et John F. May (dir.), *Africa's Population: In Search of a Demographic Dividend*, Springer International Publishing, Bâle, p. 267-281.

MOUCHET, J., LAVENTURE, S., BLANCHY, S., FIORAMONTI, B., RAKOTONJANABELO, A., RABARISON, P., SIRCOULON, J., & ROUX, J. (1997). La reconquête des Hautes Terres de Madagascar par le paludisme. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique (Vol. 90)* n° 3, p. 162-168.

MURRAY, C., KULKARNI, S., MICHAUD, C., TOMIJIMA, N., BULZACCHELLI, M., IANDIORIO, T., & EZZATI, M. (2006). Eight Americas : investigating mortality disparities across races, counties, and race-counties in the United States. *PLoS Medicine (Vol. 3)* n° 9, p. 1513-1524.

NATIONS UNIES (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables*, 46 p.

OMRAN, A. (1971). The epidemiologic transition: a theory of the epidemiology of population change. *Milbank Mem Fund Q. (Vol.49)* n° 4, p. 509-538.

OUELLETTE, N., & BOURBEAU, R. (2011). Changes in the age-at-death distribution in four low mortality countries: A nonparametric approach. *Demographic Research (Vol. 25)*, art. 19, p. 595-628.

OUELLETTE, N., BOURBEAU, R., ROBINE, J.-M., & DESJARDINS, B. (2012). La durée de vie la plus commune des adultes au XVIIIe siècle : l'expérience des Canadiens-français. *Population (édition française) (Vol. 67) n° 4*, p. 683-709.

OUELLETTE, N., BARBIERI, M., & WILMOTH, J. (2014). Period-Based Mortality Change: Turning Points in Trends since 1950. *Population and Development Review (Vol. 40) n° 1*, p. 77-106.

POPOFF, C., & JUDSON, D. (2004). Some Methods of Estimation for Statistically Underdeveloped Areas. Dans Jacob Siegel et David Swanson (dir.), *The methods and materials of demography*, Elsevier Academic Press, San Diego, p. 603–641 et 677-732.

RAINIBE D. (1988). Les registres de l'état civil à Madagascar: sources démographiques en friche. *Omaly Sy Anio (Hier Et Aujourd'hui) : revue d'études historiques (vol. 28) n° 2*, p. 9-21.

RAKOTONARIVO, A. (2010). La solidarité intergénérationnelle en milieu rural malgache. Le rôle des personnes âgées dans la migration. *Autrepart (Vol. 53) n° 1*, p. 111-130.

RANDALL, S., & COAST, E. (2016). The quality of demographic data on older Africans. *Demographic Research (Vol. 34)*, art. 5, p. 143-174.

RAVELOSOA, R., & ROUBAUD, F. (1998). La dynamique de la consommation des ménages dans l'agglomération d'Antananarivo, 1965-1995 (Madagascar). *Autrepart (Vol. 7) n° 3*, p. 63-87.

RAZAFIMANJATO, J. Y., RANDRIAMANJAKASOA, J. H., RABEZA, V.R., RAKOTONDRAJONA, N.H., & ALLMAN, J. (2001). La situation démographique de

Madagascar. *Population (édition française) (Vol. 56) n° 4*, p. 657-668.

RAZAFINDRATSIMA, N. (2007). L'entraide matérielle et financière entre parents et enfants à Antananarivo. Dans Philippe Antoine (dir.), *Les relations intergénérationnelles en Afrique : Approche plurielle*, Les collections du CEPED, Paris, p. 93-120.

ROBINE, J.-M., CHEUNG, S. L. K., THATCHER, A. R., & HORIUCHI, S. (2006). *What Can Be Learnt by Studying the Adult Modal Age at Death?* Communication présentée à la réunion annuelle de la Population Association of America, Los Angeles, Californie, 30 Mars – 1 Avril 2006.

ROBINE, J.-M., & CHEUNG, S. (2009). Nouvelles observations sur la longévité humaine. *Revue économique (Vol. 59) n° 5*, p. 941-953.

ROBINE, J.-M. (2011). Age Patterns in Adult Mortality. Dans Richard G. Rogers & Eileen M. Crimmins (dir.), *International handbook of adult mortality*, Springer International Publishing 2017, Bâle, p. 207-226.

SCRIMSHAW, N. (2003). Historical concepts of interactions, synergism and antagonism between nutrition and infection. *Journal of Nutrition (Vol. 133) n° 1*, p. 316-321

ST-PIERRE, J., BOUTARY, M., RAZAFINDRAZAKA, T., & MONNOYER, M.-C. (2017). *Économies en développement et internationalisation des PME : le cas de Madagascar*. Communication présentée à la 7e conférence ATLAS-AFMI, Antananarivo, Madagascar.

TAPIA, J.A., & IONIDES, E.L. (2008). The reversal of the relation between economic growth and health progress: Sweden in the 19th and 20th centuries. *Journal of Health Economics (Vol. 27)*, p. 544–563.

THATCHER, A., KANNISTO, V., & VAUPEL, J. W. (1998). The force of mortality at ages 80 to 120. *Odense Monographs on Population Aging 5*, Odense University Press, Odense.

THATCHER, A. R., CHEUNG, S. L. K., HORIUCHI, S., & ROBINE, J.-M. (2010). The Compression of Deaths above the Mode. *Demographic Research (Vol. 22)*, art. 19, p.505-538.

TSIKOMIA, A.A.M. (2013). Le système de santé et de la protection sociale à Madagascar: quels sont les défis à réaliser ? *Public Administration and Regional Studies (Vol. 11)* n° 1, Galati University Press, p. 50-59.

UNICEF MADAGASCAR (2014). *Analyse de la situation de la mère et de l'enfant - L'enfance à Madagascar : Une promesse d'avenir*. Publication UNICEF Madagascar, 128 p.

VALLIN, J., & MESLÉ, F. (2010). De la transition épidémiologique a la Transition sanitaire: l'improbable convergence générale. Dans Dominique Tabutin et Bruno Masquelier (dir.), *Ralentissements, résistances et ruptures dans les transitions démographiques*, Actes de la Chaire Quetelet 2010, Louvain-La-Neuve, Presses universitaires de Louvain, p. 257-290.

WALTISPERGER, D., CANTRELLE, P., & RALIJAONA, J. (1998). La mortalité à Antananarivo de 1984 à 1995. *Documents et manuels du CEPED*, n° 7, 117 p.

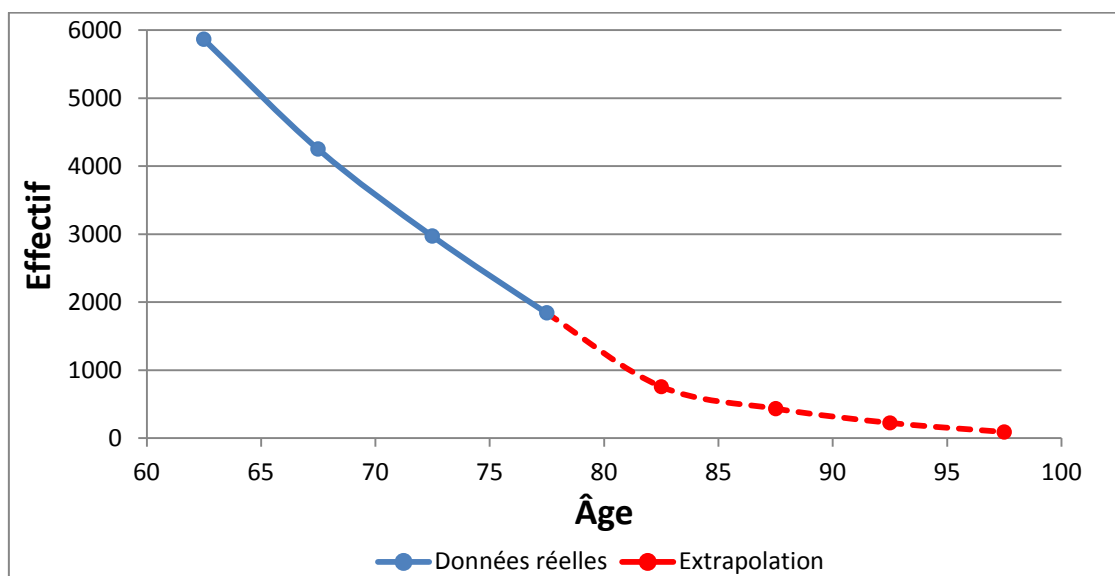
WALTISPERGER, D., & MESLÉ, F. (2005). Crise économique et mortalité: Le cas d'Antananarivo 1976-2000. *Population (édition française) (Vol. 60)* n° 3, p. 243-275.

WILMOTH, J., & HORIUCHI, S. (1999). Rectangularization revisited: Variability of age at death within human populations. *Demography (Vol. 36)* n° 4, p. 475-495.

WORLDPOP PROJECT (2018). School of Geography and Environmental Science, University of Southampton. Données téléchargées du site Internet suivant : [www.worldpop.org](http://www.worldpop.org) (consulté le 18 novembre 2018).

## Annexe

FIGURE A.1. Exemple d'utilisation d'une extrapolation logistique pour estimer les effectifs de la population d'Antananarivo pour le groupe d'âges ouvert débutant à 80 ans, Femmes, 1993



Sources : Mêmes sources qu'au tableau 4.1.

TABLEAU A.1. Résultats détaillés de l'extrapolation logistique des groupes d'âges ouverts pour chaque sexe (H : hommes, F : femmes) à Antananarivo (en noir les valeurs réelles, en rouge les résultats de l'extrapolation)

Groupes d'âges	RGPH 1975		EDS 1992		RGPH 1993		EDS 1997		EDS 2003		EDS 2008	
	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F
60-64	3 893	4 166	4 966	5 941	4 883	5 862	5 891	7 016	7 490	8 694	9 178	10 375
65-69	2 437	2 725	3 633	4 519	3 287	4 248	4 110	5 151	4 861	6 023	5 625	6 824
70-74	1 694	1 953	2 500	3 213	2 297	2 967	2 762	3 600	3 090	4 112	3 408	4 550
75-79	681	941	1 591	2 032	1 221	1 837	1 743	2 269	1 891	2 615	2 035	2 940
80-84	444	608	913	1 118	488	757	965	1 258	1 004	1 468	1 055	1 673
85-89	273	370	479	502	275	433	481	582	496	703	546	820
90+	207	280	194	57	195	314	187	94	238	165	355	238

Sources : Mêmes sources qu'au tableau 4.1.

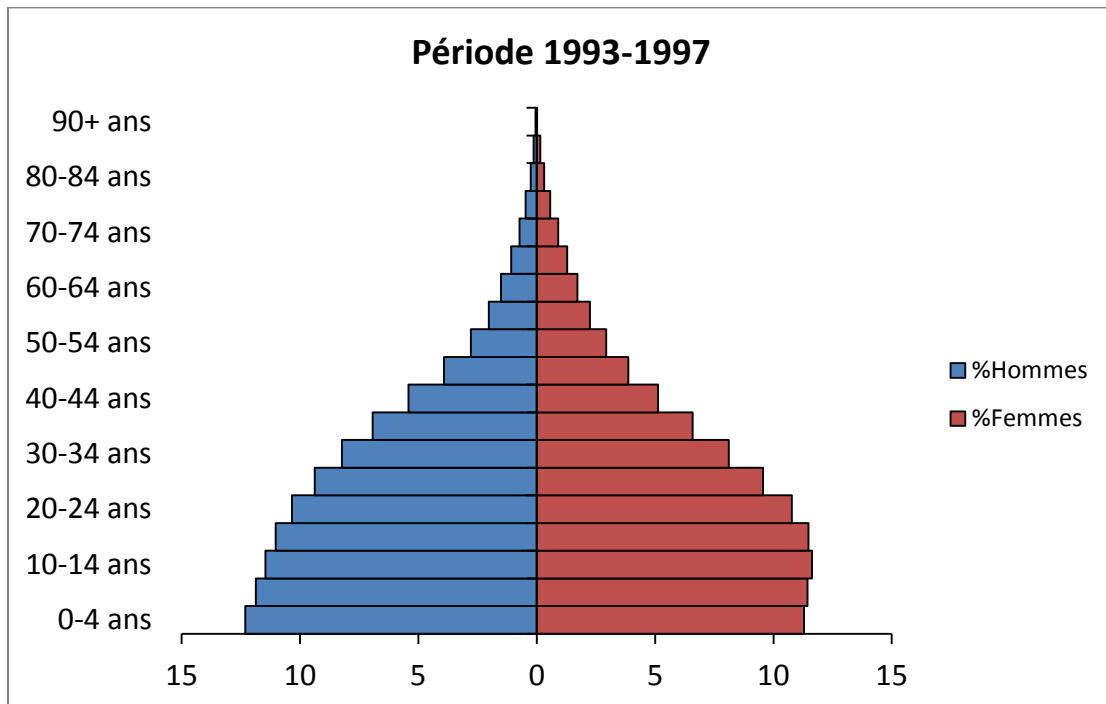
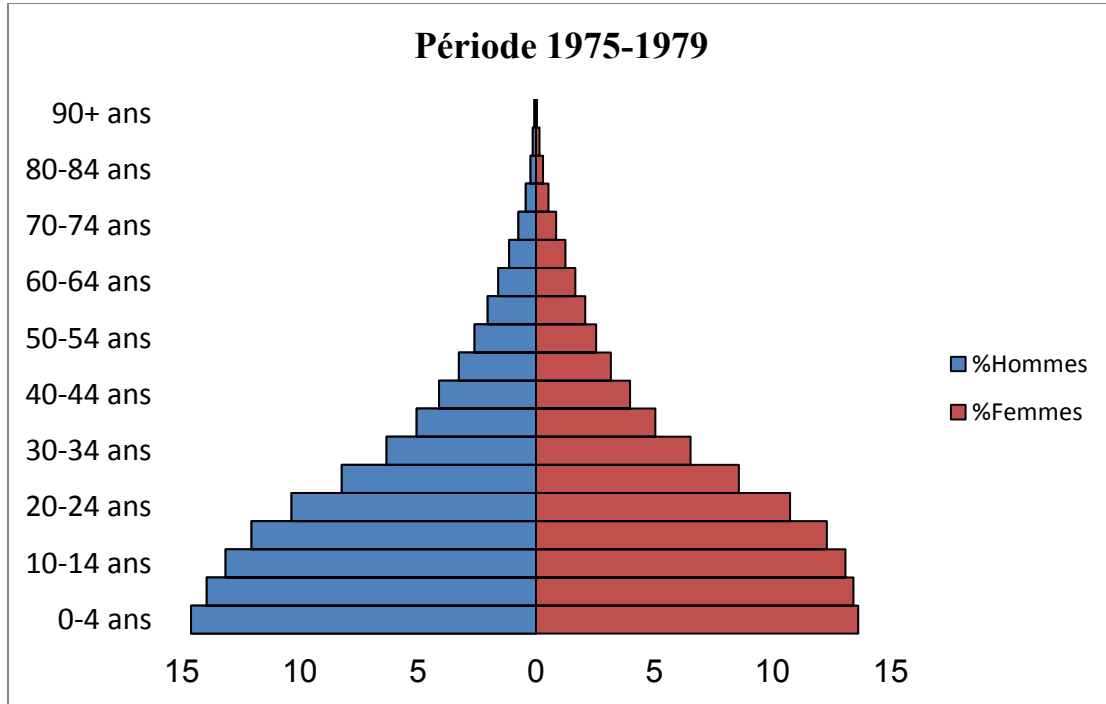


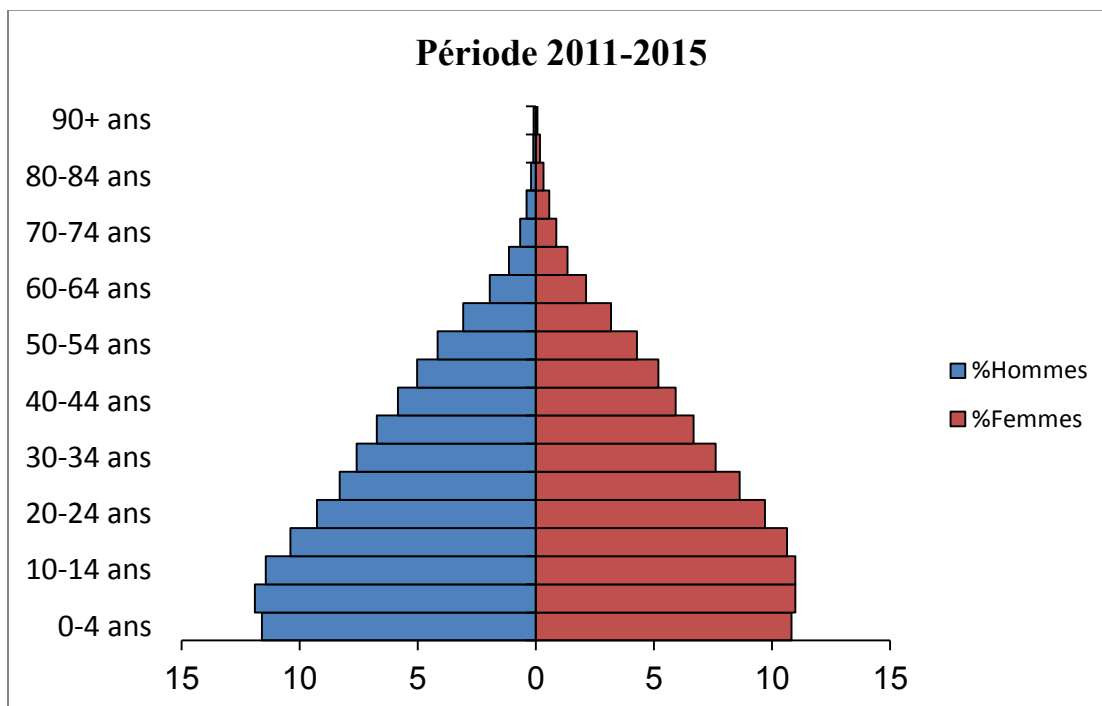
TABLEAU A.2. Exemple de ventilation des groupes d'âges quinquennaux par années d'âge avec la méthode des multiplicateurs de Sprague, Hommes, Antananarivo, 2000 à 2003

<b>Groupes d'âges</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
<b>0-4</b>	<b>48 825</b>	<b>49 821</b>	<b>50 864</b>	<b>51 955</b>
<b>0</b>	9 772	9 936	10 108	10 288
<b>1</b>	9 777	9 962	10 155	10 358
<b>2</b>	9 774	9 976	10 188	10 409
<b>3</b>	9 761	9 978	10 205	10 442
<b>4</b>	9 741	9 969	10 208	10 458
<b>45-49</b>	<b>17 614</b>	<b>18 360</b>	<b>19 123</b>	<b>19 903</b>
<b>45</b>	3 957	4 106	4 258	4 411
<b>46</b>	3 727	3 877	4 030	4 186
<b>47</b>	3 508	3 658	3 812	3 970
<b>48</b>	3 306	3 455	3 608	3 766
<b>49</b>	3 117	3 264	3 415	3 571
<b>85-89</b>	<b>484</b>	<b>487</b>	<b>491</b>	<b>496</b>
<b>85</b>	125	125	126	127
<b>86</b>	108	108	109	109
<b>87</b>	94	94	95	96
<b>88</b>	83	83	84	85
<b>89</b>	75	76	77	79

Sources : Mêmes sources qu'au tableau 4.1.

FIGURE A.2. Pyramides des âges d'Antananarivo, périodes sélectionnées depuis 1975





Sources : Mêmes sources qu'au tableau 4.1.

TABLEAU A.3. Répartition estimée de la population d'Antananarivo par groupes d'âges et par sexe, périodes sélectionnées depuis 1975

Groupes d'âges	Période 1975-1979		Période 1993-1997		Période 2011-2015	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
0-4	171 140	167 080	222 632	215 052	328 812	311 459
5-9	163 388	164 624	214 576	218 068	337 209	316 160
10-14	154 098	160 572	207 200	221 506	324 172	316 392
15-19	141 220	150 947	199 354	218 718	294 466	306 011
20-24	121 264	131 737	187 026	205 355	262 557	279 191
25-29	96 380	105 204	169 600	182 130	235 348	248 515
30-34	74 217	80 112	148 881	154 559	215 095	219 153
35-39	59 199	61 859	125 332	125 530	191 052	191 990
40-44	48 069	48 761	98 055	97 663	165 515	170 367
45-49	38 255	38 783	70 925	73 823	142 506	149 307
50-54	30 415	31 295	50 405	56 025	117 846	123 195
55-59	24 034	25 518	36 614	42 802	87 302	91 441
60-64	18 652	20 383	27 444	32 791	55 444	61 266
65-69	13 379	15 240	19 539	24 445	32 399	38 310
70-74	8 670	10 486	13 279	17 215	19 130	24 651
75-79	4 997	6 487	8 421	10 863	11 410	16 178
80-84	2 743	3 636	4 735	6 002	5 877	9 385
85-89	1 527	1 820	2 408	2 740	3 278	4 717
90+	793	551	945	382	2 794	1 598
<b>Total</b>	<b>1 172 440</b>	<b>1 225 094</b>	<b>1 807 372</b>	<b>1 905 671</b>	<b>2 832 211</b>	<b>2 879 288</b>

Sources : Mêmes sources qu'au tableau 4.1.

TABLEAU A.4. Évolution de l'âge modal au décès par année de calendrier estimé selon le sexe à l'aide d'une méthode de lissage par P-splines, Antananarivo, 1976 à 2015

<b>Année</b>	<b>Hommes</b>	<b>Femmes</b>	<b>Année</b>	<b>Hommes</b>	<b>Femmes</b>
<b>1976</b>	74,16	74,28	<b>1996</b>	73,39	75,09
<b>1977</b>	75,82	75,84	<b>1997</b>	73,77	74,85
<b>1978</b>	76,75	76,80	<b>1998</b>	74,12	75,01
<b>1979</b>	77,37	77,42	<b>1999</b>	74,66	79,32
<b>1980</b>	77,96	78,04	<b>2000</b>	76,12	79,56
<b>1981</b>	78,71	78,88	<b>2001</b>	77,39	79,58
<b>1982</b>	80,24	80,64	<b>2002</b>	77,82	79,53
<b>1983</b>	81,29	81,46	<b>2003</b>	70,49	79,40
<b>1984</b>	82,00	82,09	<b>2004</b>	70,91	79,06
<b>1985</b>	64,34	82,84	<b>2005</b>	71,25	78,53
<b>1986</b>	64,26	83,91	<b>2006</b>	71,62	78,76
<b>1987</b>	64,32	85,57	<b>2007</b>	72,13	79,35
<b>1988</b>	73,64	86,20	<b>2008</b>	72,99	79,55
<b>1989</b>	70,91	86,76	<b>2009</b>	74,65	79,57
<b>1990</b>	69,99	78,11	<b>2010</b>	75,78	79,46
<b>1991</b>	70,02	78,85	<b>2011</b>	75,86	79,07
<b>1992</b>	70,17	79,02	<b>2012</b>	75,76	77,92
<b>1993</b>	70,47	79,00	<b>2013</b>	75,78	77,04
<b>1994</b>	71,22	78,69	<b>2014</b>	76,15	77,36
<b>1995</b>	72,63	76,40	<b>2015</b>	77,53	81,37

Sources : Mêmes sources qu'à la figure 4.2.