

# La longévité vue sous l'angle de la démographie

James VAUPEL\*

Ce captivant numéro spécial de *Population* n'est pas – et ne prétend d'ailleurs pas être – une étude systématique et exhaustive de la biodémographie de la longévité humaine. La rédaction avait invité les auteurs des articles à y exposer de nouveaux concepts ainsi que les résultats de leurs travaux et la plupart ont relevé le défi avec brio et imagination, ce qui explique la richesse des idées et des résultats nouveaux contenus dans ce numéro. Dans cette conclusion, je vais situer ces contributions dans le contexte de l'état actuel des connaissances sur la survie des personnes très âgées, que j'aborderai à travers sept sections : (I) les baisses de la mortalité au-delà de 80 ans, (II) la progression des populations très âgées, (III) le recul des limites de la longévité, (IV) les profils selon l'âge de la mortalité des personnes très âgées, (V) les théories relatives à la longévité, (VI) les déterminants de la longévité et (VII) les projections en matière de longévité. Dans chacune de ces sections, je dresserai le bilan des connaissances dans le domaine de la démographie avant d'expliquer dans quelle mesure les articles contenus dans ce numéro spécial enrichissent nos connaissances.

## I. Les baisses de la mortalité au-delà de 80 ans

Dans les pays industrialisés, pendant la période 1900 à 1950, les taux annuels moyens de mortalité des femmes étaient d'environ 20 % à 85 ans, 30 % à 90 ans et 40 % à 95 ans ; à la fin du XX<sup>e</sup> siècle, les taux de mortalité correspondants étaient approximativement de 10 %, 20 % et 30 % (Vaupel, 1997 ; Vaupel *et al.*, 1998). La figure 1 montre le recul de la mortalité depuis 1950 pour les femmes octogénaires dans quatre pays représentatifs : la France, le Japon, la Suède et les États-Unis. Le rythme

---

\* Max Planck Institute for Demographic Research, Rostock, Germany.  
Traduit par Charles Schellings.

de la baisse a été particulièrement rapide au Japon et il l'a été davantage en France qu'en Suède et aux États-Unis.

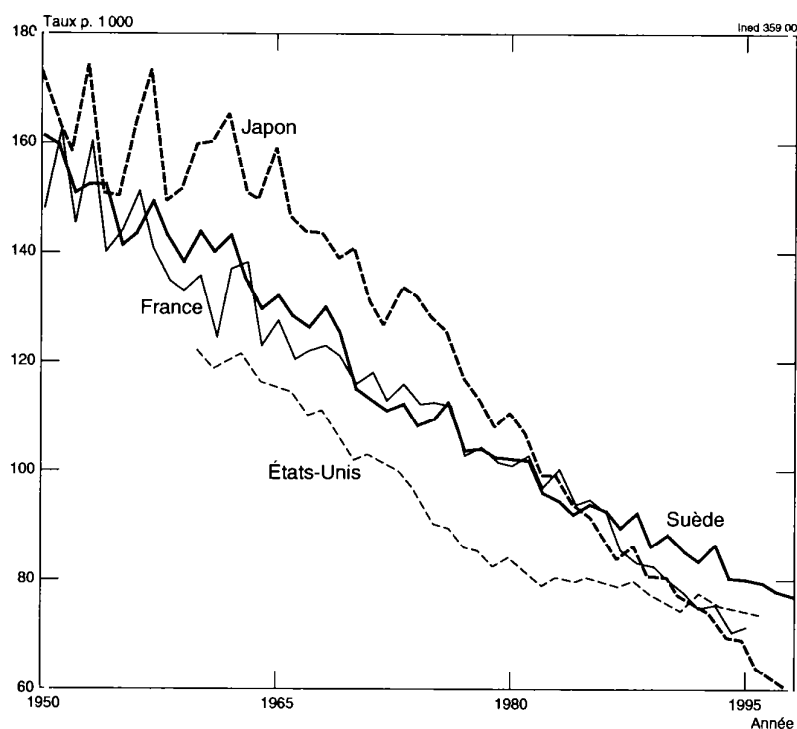


Figure 1. – Taux de mortalité des femmes octogénaires de 1950 à la fin des années 1990 en France, en Suède, aux États-Unis et au Japon

Note : la fiabilité des données américaines avant 1970 n'est pas garantie.

Les taux de mortalité des hommes sont plus élevés que ceux des femmes, même passé l'âge de 100 ans. Une analyse de données se rapportant à l'Europe occidentale révèle que, depuis 1950, le taux annuel moyen d'amélioration des taux de mortalité des femmes a reculé d'environ 2 % à l'âge de 80 ans à environ 1 % chez les centenaires. S'agissant des hommes, le rythme de l'amélioration est resté relativement constant aux très grands âges (plus de 80 ans), soit 1 % l'an environ (Kannisto, 1994, 1996).

Les changements du rythme de baisse de la mortalité aux très grands âges survenus entre 1950 et la fin des années 1990 ont été analysés dans le cas de l'Europe occidentale et du Japon (Kannisto, 1994, 1996; Vaupel, 1997). Pour les femmes octogénaires, le rythme de la baisse, qui était

proche de 1 % dans les années 1950, s'est accru jusqu'à dépasser 2 % dans les années 1990. Les taux de baisse ont aussi doublé pour les femmes nonagénaires et les hommes octogénaires et nonagénaires, passant *grosso modo* de nettement moins de 1 % l'an dans les années 1950 à beaucoup plus de 1 % l'an dans les années 1990. Chez les femmes, depuis 1970 au Japon et 1980 en France, les taux de mortalité ont reculé à des moyennes de 3 % l'an pour les octogénaires et 2 % pour les nonagénaires. Il n'existe aucune corrélation entre les niveaux de mortalité et les rythmes de baisse dans les pays où la mortalité aux très grands âges est faible.

Pratiquement toutes les données disponibles sur la mortalité aux très grands âges se rapportent soit à des pays d'Europe, soit aux États-Unis, au Canada, à l'Australie, à la Nouvelle-Zélande ou au Japon. La mortalité aux très grands âges dans les pays en voie de développement est mal connue, en partie à cause du manque de fiabilité des données d'état civil, à l'exception notable de la Chine qui dispose de données relativement fiables pour l'ethnie Han, majoritaire dans ce pays. En 1990, les taux de mortalité masculine et féminine des octogénaires et nonagénaires dans étaient légèrement supérieurs à ceux de la Suède ou du Japon (Zeng et Vaupel, 2000).

Comme l'indique la figure 1, les États-Unis ont connu une mortalité aux très grands âges faible par rapport à la plupart des autres pays développés, mais les améliorations y ont été lentes. Jusqu'à il y a peu, cet apparent avantage des Américains a été attribué à des inexactitudes dans les déclarations d'âge. Or, il s'est avéré récemment que les données relatives aux blancs américains sont suffisamment fiables, du moins jusqu'à l'approche de 100 ans depuis 1980 (Hill, Preston et Rosenwaike, 2000; Manton et Vaupel, 1995). Les taux de mortalité de la seule population blanche américaine sont très proches de ceux reproduits à la figure 1. Des données fiables indiquent que les taux de mortalité aux très grands âges de l'Islande sont pratiquement identiques à ceux reproduits à la figure 1 pour les États-Unis (Vaupel *et al.*, 1998) et il semble que les taux de mortalité aux très grands âges au Canada, en Australie et en Nouvelle-Zélande puissent être similaires.

En Europe orientale, les baisses de la mortalité aux très grands âges ont été relativement faibles entre 1960 et la fin des années 1990, et pendant certaines décennies, on a même vu la mortalité progresser dans certains pays, chez les hommes surtout (Kannisto, 1992, 1994). C'est ce qui s'est produit en Allemagne de l'Est jusqu'à la réunification de 1990 qui a été suivie d'améliorations notables (Gjonca, Brockmann et Maier, 2000).

Les statistiques mentionnées ci-dessus proviennent pour une grande part de la base de données sur la mortalité aux très grands âges constituée dans les années 1990 par Väinö Kannisto et Roger Thatcher et gérée par l'Institut Max Planck de recherches démographiques de Rostock, en Allemagne (Kannisto, 1992, 1994). Avant sa constitution, on ne savait que peu de choses sur la mortalité des grands vieillards suivant l'âge, l'époque

et les pays. Kannisto et Thatcher ont apporté à ce numéro spécial de *Population* des articles intéressants dans lesquels ils présentent de nouveaux résultats.

Comme le souligne Kannisto, la distribution des âges au décès est bimodale, avec un pic à la naissance et un second plus tard dans l'existence. Il analyse l'utilisation faite du mode tardif,  $M$ , pour étudier les changements survenus dans la mortalité sénile. Après avoir fait la synthèse de travaux connexes – ceux de Wilhelm Lexis entre autres – Kannisto propose deux mesures de la « dispersion de la durée de vie ». La première mesure est l'écart type des durées de vie au-delà du mode,  $SD(M +)$ , et la deuxième l'espérance de vie au mode,  $e(M)$ . On constate, pour tous les pays et toutes les époques considérées, une corrélation étroite entre ces deux mesures, avec des coefficients voisins de 0,99. De plus, le rapport entre  $SD(M +)$  et  $e(M)$  est proche de 1,24, allant de 1,215 pour les hommes polonais entre 1990 et 1995 à 1,257 pour les Françaises sur la même période. Kannisto conclut que cette régularité dénote « la présence d'un schéma de mortalité relativement universel pour le grand âge, lequel concorde avec les conclusions de Lexis pour qui la distribution des décès au-delà du mode est proche de la courbe normale ».

Kannisto s'est également demandé si la mortalité aux âges avancés « est comprimée sur une durée plus réduite ». Sur la base de séries chronologiques longues relatives à des femmes de quatre pays et de séries plus courtes relatives à des femmes de treize pays, Kannisto conclut que le recul « de la mortalité sénile, que démontre un allongement de l'espérance de vie à l'âge de 80 ans, s'est accompagné d'une progression correspondante du mode mais que, par la même occasion, la dispersion de la durée de vie ainsi que l'espérance de vie au mode ont diminué. » Du fait de l'hétérogénéité innée et acquise entre individus quant à leurs risques de décès, ce processus de compression ne peut se poursuivre indéfiniment. Pour Kannisto, l'observation de ce processus pourrait fournir des « indications quant à d'éventuelles limites de la vie humaine et à la distribution de la durée de vie... ».

L'article de Thatcher publié dans ce numéro spécial de *Population* traite de la démographie des centenaires en Angleterre et au Pays de Galles. Dans la première partie, il dissèque les causes de « l'explosion » du nombre des centenaires. Pour les hommes comme pour les femmes, « la cause de loin la plus importante » est l'amélioration de la survie entre 80 et 100 ans. Or, comme le déplore Thatcher, les causes de l'amélioration de la survie des octogénaires et nonagénaires restent encore méconnues.

Un troisième article publié dans ce numéro éclaire lui aussi d'un jour nouveau la baisse de la mortalité aux âges avancés. Michel Poulain, Dany Chambre et Michel Foulon ont étudié plus de 4 000 centenaires nés en Belgique entre 1870 et 1895. Au nombre des intéressants résultats que nous allons commenter, ils ont constaté un allongement de la durée restant à vivre pour les centenaires nés entre 1885 et 1894 par rapport à ceux nés

entre 1870 et 1884. À l'âge de 101 ans exactement, les femmes centenaires nées au cours de cette deuxième période avaient encore près de 700 jours à vivre en moyenne alors que celles nées pendant la première période avaient encore à peine plus de 600 jours devant elles.

Enfin, dans sa contribution à ce numéro, Jean-Marie Robine étudie, comme Kannisto, la dispersion de la durée de vie et la question de savoir si la mortalité se comprime sur une durée de vie plus courte. Comme nous l'avons vu, Kannisto étudiait deux mesures de dispersion en étroite corrélation et utilisait des données provenant de nombreux pays. De son côté, Robine examine 15 mesures, mais les données étudiées se rapportent à un seul pays, la France. Sa conclusion est que, si on considère la durée totale de la vie, toutes les mesures font apparaître, à terme, une compression de la mortalité. En revanche, si on se concentre uniquement sur les très grands âges, certaines mesures indiquent alors que la compression de la mortalité n'a guère progressé au cours des dernières décennies, tandis que d'autres suggèrent une expansion de la période de la fin de la vie. Aucune de ces mesures ne se démarquant vraiment par rapport aux autres, la vérité est, dans le cas présent, comme une sculpture qui présenterait plusieurs visages suivant l'angle sous lequel on la regarde.

Robine relie ses résultats aux stades de la transition épidémiologique et trouve des arguments étayant les deux premiers stades proposés par Omran (1971), l'« Âge de la peste et des famines » et l'« Âge du recul des pandémies ». En revanche, il conclut que le troisième stade d'Omran et le quatrième, proposé par Olchansky et Ault (1986), devraient plutôt apparaître comme un seul et même stade qu'il baptise « Âge de la conquête de l'étendue de la vie ». Ce stade, qui a débuté vers 1950 ou 1960 dans la plupart des pays développés, se caractérise par de remarquables améliorations de la survie aux âges avancés et par de substantiels allongements des durées de vie. En particulier, cet Âge a vu l'apparition des supercentenaires, ces pionniers des frontières de la survie qui ont vécu jusqu'à l'âge de 110 ans ou plus.

## II. La progression des populations très âgées

Dans la plupart des pays, développés ou en voie de développement, la population de plus de 80 ans s'accroît rapidement en raison, pour une part, d'un recul de la mortalité après l'âge de 80 ans. Prenons, par exemple, l'Angleterre et le Pays de Galles où, vers 1950, l'espérance de vie des femmes de 80 ans était d'environ six ans. À la fin des années 1990, elle était passée à neuf ans tandis que la population des femmes octogénaires était environ moitié plus nombreuse qu'elle l'aurait été si la mortalité au-delà de 80 ans était restée à son niveau de 1950. L'Angleterre et le Pays de Galles comptaient plus d'un demi-million de femmes âgées de

80 ans ou plus qui seraient décédées si la mortalité au-delà de 80 ans n'avait pas reculé (Vaupel, 1997).

En Europe occidentale, à la fin des années 1990, on comptait deux à trois fois plus de nonagénaires et environ huit fois plus de centenaires qu'il y en aurait eu si la mortalité au-delà de 80 ans était restée à son niveau de 1960 (Kannisto, 1992, 1994). En Europe occidentale, au Japon et en Chine, la population des centenaires a doublé tous les dix ans au cours des dernières décennies grâce, en grande partie, au déclin de la mortalité après l'âge de 80 ans (Vaupel et Jeune, 1995). Les problèmes d'inexactitude des déclarations d'âge excluent toute estimation fiable du nombre des centenaires dans la plupart des autres régions du monde, y compris aux États-Unis (Jeune et Vaupel, 1995, 1999).

Les données sur longue période et extrêmement fiables disponibles au Danemark permettent d'illustrer la tendance. Sur l'ensemble de la décennie 1860, 19 centenaires étaient décédés au Danemark. Cent ans plus tard, dans les années 1960, le nombre des centenaires danois décédés était de 226 et, entre 1990 et 1998, il avait atteint 1 931. Ces chiffres proviennent de l'article de Bernard Jeune et Axel Skytthe publié dans ce numéro et consacré à l'augmentation du nombre des centenaires au Danemark. L'intérêt majeur de cet article est qu'il établit que la plupart des centenaires déclarés avant 1860 au Danemark ne l'étaient pas réellement. Le nombre réel de centenaires ayant vécu dans le passé était très faible, le premier centenaire danois avéré ayant probablement atteint cet âge vers 1790. De plus, la majorité sinon la totalité des personnes réputées avoir atteint l'âge de 105 ans avant 1900 étaient probablement plus jeunes. Le très petit nombre des centenaires ayant vécu il y a un siècle ou plus donne à la croissance de la population des centenaires des allures d'explosion.

L'article de Thatcher dans ce numéro examine également la croissance de la population des centenaires. Il décompose les causes de cette croissance en plusieurs facteurs, dont les augmentations du nombre des naissances enregistrées il y a un siècle, les progrès de la survie jusqu'à l'âge de 80 ans, puis entre 80 et 100 ans ainsi qu'au-delà de 100 ans et une baisse nette imputable aux décès pour cause de guerre, au solde migratoire ainsi qu'à d'autres causes. Comme nous l'avons déjà vu, l'auteur conclut que le facteur de loin le plus important est la baisse de la mortalité chez les octogénaires et les nonagénaires. Thatcher se tourne aussi vers l'avenir : les projections laissent supposer qu'en Angleterre et au Pays de Galles, le nombre des centenaires pourrait passer de 102 en 1911 et 5 523 en 1996 à 95 000 en 2066.

Enfin, l'article de Poulain, Chambre et Foulon nous apporte de nouvelles indications à propos de l'augmentation de la population des centenaires en Belgique. Parmi les personnes nées en 1870 en Belgique, 17 hommes et 50 femmes ont célébré leur 100<sup>e</sup> anniversaire. Parmi celles nées en 1897, 75 hommes et 376 femmes ont atteint l'âge de 100 ans. Pour

les hommes, la proportion a pratiquement quadruplé tandis que pour les femmes, elle s'est quasiment multipliée par huit, cela en 27 ans à peine.

### III. Le recul des limites de la longévité

L'article de Jeune et Skythe fournit aussi d'intéressantes informations sur les records de longévité. L'allongement de ces durées de vie exceptionnelles peut être attribué, pour une large part, à des améliorations de la survie obtenues aux très grands âges. En Suède, au cours des trente années écoulées de 1860 à 1889, personne n'a dépassé l'âge de 105 ans. Ensuite, l'âge maximum atteint a régulièrement progressé jusqu'à s'élever à 112 ans en 1994 (Wilmoth *et al.*, 2000). Comme le suppose Jeune, il se pourrait qu'au Danemark, en Suède et dans d'autres pays qui comptaient environ un million d'habitants à l'époque, aucun n'ait passé le cap des 100 ans avant 1800 (Jeune et Vaupel, 1995). Il est souvent question de personnes ayant vécu bien plus longtemps dans des temps plus anciens, mais ces cas sont généralement erronés, comme le sont la plupart des cas de centenaires répertoriés à notre époque dans la majorité des pays pauvres et parfois dans certains pays riches. Quelques rares centenaires peuvent avoir vécu avant le XIX<sup>e</sup> siècle, mais ils n'étaient guère qu'une poignée au plus par siècle. En revanche, ce sont plus de 100 000 centenaires qu'on dénombre à l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle.

On peut affirmer presque à coup sûr qu'il n'y a eu aucun supercentenaire (c'est-à-dire des personnes âgées de 110 ans ou plus) avant le déclin de la mortalité qui s'est opéré au cours des deux derniers siècles (Jeune et Vaupel, 1995, 1999).

Le premier cas relativement bien étayé de supercentenaire est celui de Katherine Plunket, décédée à l'âge de 111 ans en 1932 en Irlande du Nord. Quant à Jeanne Calment, il s'agit du premier cas dûment vérifié de personne ayant atteint 120 ans; elle est décédée en France en 1997 à l'âge de 122 ans et 5 mois (Robine et Allard, 1999).

Dans l'article de Thatcher publié dans le présent numéro, l'auteur fournit des indications intéressantes sur les progrès que devraient encore réaliser les records de longévité. Selon lui, rien n'indique que la vie humaine ait une durée limite infranchissable mais, compte tenu des tendances qui se dessinent, l'augmentation des records de longévité sera relativement lente. En Angleterre et au Pays de Galles, l'âge maximum atteint ces dernières années se situait entre 109 et 115 ans. D'après les projections de Thatcher, cette fourchette devrait progresser pour se situer entre 116 et 123 ans à l'horizon des années 2080.

#### IV. La mortalité par âge des personnes très âgées

On dispose, sur la mortalité à partir de 80 ans et jusqu'à l'âge atteint le plus avancé, de données fiables pour le Japon et 13 pays d'Europe occidentale. Si on les regroupe, ces données permettent d'estimer avec exactitude la mortalité par âge jusqu'à 105 ans, et des estimations raisonnables sont possibles jusqu'à l'âge de 110 ans. Ensuite, on peut hasarder des projections plus aléatoires jusqu'à l'âge de 122 ans en ajustant des courbes en fonction des données (Thatcher *et al.*, 1998; Vaupel *et al.*, 1998). La figure 2 montre que la mortalité ne progresse pas de manière exponentielle après 80 ans : en fait, elle ralentit. On ne sait pas si, après l'âge de 110 ans, la mortalité progresse lentement puis plafonne avant de baisser lentement, ou si elle baisse rapidement. Une courbe logistique qui s'ajuste bien aux données entre 80 et 105 ans indique que les taux de mortalité pourraient marquer un palier. Une courbe quadratique ajustée aux données à partir de 105 ans suppose un déclin de la mortalité après 110 ans.

Des études réalisées sur d'importantes populations de levures, de vers nématodes et plusieurs espèces d'insectes montrent que les taux de mortalité augmentent pendant la jeunesse avant de se stabiliser et, parfois, décliner à mesure que l'âge avance. Dans un autre domaine, un schéma semblable peut aussi s'appliquer à la durée de vie des automobiles de diverses marques (Vaupel *et al.*, 1998).

Bien qu'aucun des articles de ce numéro ne soit spécifiquement consacré à la mortalité par âge des personnes très âgées, l'article de Thatcher et celui de Poulain, Chambre et Foulon nous renseignent à ce propos. Thatcher écrit qu'en Angleterre et au Pays de Galles, la probabilité de décéder dans les 12 mois progresse lentement entre 100 et 104 ans pour les hommes et entre 100 et 107 ans pour les femmes ; les données à sa disposition ne permettent pas d'avancer des estimations au-delà de ces âges. De 101 à 104 ans, l'augmentation est très lente pour les hommes : 41 %, 41 %, 42 %, 43 %. Dans la dernière tranche d'âges, c'est-à-dire 104 à 107 ans, les risques de décès pour les femmes sont de 44 %, 46 %, 46 %, 46 %. Poulain, Chambre et Foulon présentent des résultats similaires pour la Belgique. Pour les hommes âgés de 101, 102 et 103 ans exactement, la probabilité annuelle de décès fluctue aux alentours de 46 %. S'agissant des femmes âgées de 103, 104 et 105 ans exactement, elle est d'environ 47 %. Des probabilités de décès plus élevées sont enregistrées à des âges plus avancés encore, mais il faut noter qu'elles reposent sur moins d'une centaine d'observations.



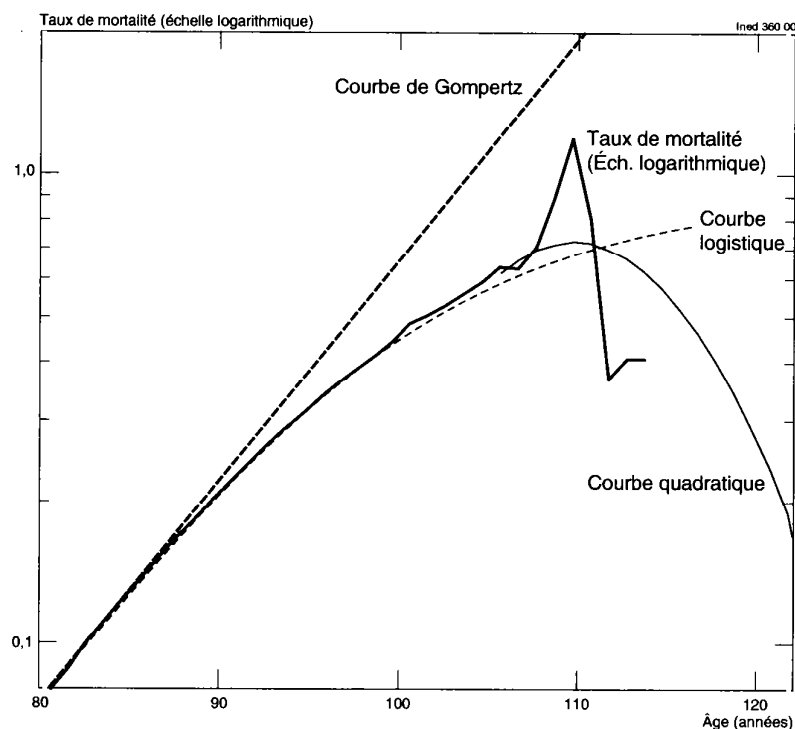


Figure 2. – Taux de mortalité agrégés pour 14 pays (Japon et 13 pays d'Europe occidentale)

Les taux de mortalité, représentés par la courbe en gras sur une échelle logarithmique, sont donnés pour 14 pays agrégés disposant de données fiables pour les personnes âgées de 80 ans et plus au cours de la période 1950-1997. La dernière observation correspond au décès de Jeanne Calment à l'âge de 122 ans, mais aux très grands âges les données sont tellement rares qu'il serait trop aléatoire de représenter une trajectoire de mortalité. Bien que ce graphique repose sur de vastes données – près de 287 millions d'années-personnes exposées au risque –, parmi les personnes ayant dépassé 110 ans, seuls 82 cas offraient des données fiables. La courbe exponentielle (courbe de Gompertz), qui correspond le mieux aux données relatives aux individus de 80 à 84 ans, est représentée par les tirets gras. La courbe logistique correspondant le mieux aux données est représentée en pointillés. Enfin, une courbe quadratique (en fait le logarithme du taux de mortalité comme fonction quadratique de l'âge) a été ajustée sur les données au-delà de 105 ans; elle est représentée par le trait fin continu. Source : Vaupel *et al.*, 1998.

## V. Les théories relatives à la longévité

Les deux grandes découvertes des années 1990 concernant la mortalité aux très grands âges sont que : 1) au-delà de 80 ans, les taux de décès ont sensiblement diminué – à un rythme qui s'accélère – depuis 1950 et

(2) l'augmentation de la mortalité avec l'âge ralentit aux âges avancés tant pour l'être humain que pour d'autres espèces (comme il en va – on l'a dit – pour les automobiles). Ces deux constatations laissent perplexes. Quel mécanisme biologique permet à l'être humain (mais aussi aux autres espèces) d'avoir une longue vie post-reproductive? Une hypothèse généralement admise en gérontologie serait que l'existence a une durée maximum déterminée génétiquement. La plupart des espèces se reproduisant par voie sexuée montrent des signes de sénescence avec l'âge et les biologistes évolutionnistes ont développé des théories expliquant cet état de choses. La durée de vie post-reproductive devrait – selon eux – être courte puisque la sélection n'opère pas contre des mutations qui ne s'expriment qu'à des âges postérieurs aux stades reproductif et nourricier. Abaisser les taux de décès devrait donc être de plus en plus difficile à mesure de l'avancée en âge et la mortalité devrait s'accélérer avec l'âge, lorsque l'activité procréatrice diminue. Ces hypothèses n'étant pas vérifiées, il faut repenser la théorie. (Pour une analyse plus poussée de ces points, voir Wachter et Finch, 1997 et Vaupel *et al.*, 1998).

La théorie biologique du vieillissement est vaguement reliée à trois notions largement reconnues :

- 1) Les décès survenant à des âges fort avancés sont essentiellement dus au grand âge et on ne peut rien contre le grand âge;
- 2) L'organisme humain normal n'est pas conçu pour vivre longtemps au-delà de 80 ou 90 ans;
- 3) Les causes des décès survenus à des âges jeunes sont en majorité extrinsèques alors que les causes de décès aux âges avancés sont en général intrinsèques, et il est très difficile de réduire les causes intrinsèques de mortalité.

Ces notions sont discutables; il s'agit de spéculations mal définies qui ne sont pas compatibles avec les informations disponibles.

Dans l'article intitulé « Principes de biodémographie », un article imaginatif et qui incite à la réflexion, James Carey et Debra Judge abordent sous un angle nouveau des concepts qui pourraient servir à développer une théorie de la longévité. Leur article rassemble un large éventail d'idées et de résultats de travaux dans une synthèse extrêmement originale. Près de 150 références couvrent des thèmes allant de la sexualité et la mortalité des protozoaires, la mortalité de la mouche méditerranéenne et le régime alimentaire au « troisième chimpanzé », à l'évolution technophysologique et aux jumeaux danois. La référence à la *Démographie mathématique appliquée* de Keyfitz est suivie d'une autre aux *Primates du Nouveau-Monde* de Kinzey. Je ne vais pas m'essayer à résumer cet article que devraient lire attentivement tous ceux que la biodémographie et la longévité intéressent.

L'article de Carey et Judge comporte une section intitulée « La sélection détermine les trajectoires de mortalité ». Quoique leur analyse soit

correcte, elle ne rend pas suffisamment compte de l'importance du changement de composition que connaît une cohorte à mesure que la mortalité élimine les plus faibles. Toutes les populations sont hétérogènes. Certains individus sont plus frêles que d'autres, que ce soit de façon innée ou en raison de faiblesses acquises. Les plus faibles connaissent généralement une mortalité plus forte, laissant un sous-ensemble de survivants ayant fait l'objet d'une sélection. Cette situation entraîne un problème fondamental pour l'analyse de la mortalité aux très grands âges : du fait de ce changement de composition, les taux de mortalité augmentent plus lentement avec l'âge qu'ils ne l'auraient fait dans une population homogène.

Le plafonnement, voire le recul de la mortalité aux grands âges peut être intégralement expliqué par des « modèles de fragilité » dans lesquels les risques de décès de chaque individu dans une population donnée augmentent pourtant à un rythme constant ou croissant avec l'âge (Vaupel et Carey, 1993). Mais, le ralentissement de la mortalité pourrait aussi provenir de changements comportementaux ou physiologiques liés à l'âge. Des travaux de recherche restent à faire sur l'influence relative de l'hétérogénéité initiale par rapport au changement individuel sur les schémas de mortalité aux très grands âges.

L'article de Carey et Judge aborde des concepts biodémographiques auxquels, à mon sens, il n'accorde pas suffisamment de place – la corrélation des taux de mortalité et les tables de mortalité induites par les processus démographiques – qui ouvrent des pistes théoriques intéressantes.

Les démographes savent depuis longtemps que les taux de mortalité à divers âges sont étroitement corrélés d'une population à l'autre et dans le temps. En plus des effets communs de l'environnement, on trouve aussi des corrélations génétiques : les mutations qui augmentent la mortalité aux âges avancés pourraient avoir le même effet sur des individus plus jeunes. On peut aussi comparer la durée de vie post-reproductive d'une personne à la durée de survie d'un appareil au-delà de son délai de garantie. Bien que les organismes vivants soient infiniment plus complexes que les produits manufacturés, ils sont eux aussi soumis à des contraintes de « fabrication » pouvant entraîner des corrélations de mortalité. La trajectoire de mortalité d'une automobile suggère la possibilité que le ralentissement de la mortalité comme la corrélation entre les taux de mortalité seraient des caractéristiques de tous les systèmes complexes. Carey et Judge font très justement remarquer que « les organismes biologiques meurent tandis que les systèmes mécaniques tombent en panne » ; mais, malgré tout ce qui oppose l'homme à l'automobile, il y a peut-être des enseignements pour la longévité à retirer de l'étude des propriétés générales des systèmes complexes.

Un élément fondamental sous-jacent à la théorie évolutionniste est l'équation de Lotka qui détermine le taux de croissance d'une population (ou la diffusion d'une mutation favorable). Le postulat simpliste de l'équation de Lotka, suivant lequel les tables de fécondité et de survie sont

fixes, est certainement erroné. Les environnements sont incertains et changeants. Un individu n'est pas soumis à des tables de fécondité et de survie immuables; ses comportements peuvent s'adapter de manière dynamique en fonction des changements de l'environnement et de ses capacités propres. Il s'agit d'un thème sur lequel les travaux pionniers de James Carey et ses collègues ont suscité un vif intérêt (par exemple, Carey *et al.*, 1998); Carey et Judge discutent ici des profils de mortalité induits par les processus démographiques dans le chapitre intitulé « La procréation est un déterminant fondamental de la longévité ». J'estime que ce concept est bien plus important que le laisse supposer l'analyse de Carey et Judge parce qu'il souligne la nécessité de repenser la théorie inspirée par Lotka. Pourtant, l'équation de Lotka rend effectivement compte d'un élément fondamental, à savoir que l'évolution optimise la réussite de la procréation, et non la longévité. Pour mieux comprendre la survie aux âges avancés, il faudrait approfondir la recherche sur les interactions entre fécondité et survie.

## VI. Les déterminants de la longévité

La mortalité aux très grands âges est plus faible pour les femmes que pour les hommes, pour les personnes nées au cours de ce siècle que pour celles nées au siècle dernier et pour les habitants des pays riches que pour ceux des pays pauvres. Le fait de fumer constitue un risque de santé pour les jeunes et probablement aussi pour les plus âgés. L'exercice peut jouer un rôle de plus en plus important à mesure que l'âge avance. L'alimentation compte aussi et l'influence des traitements médicaux et des autres interventions de santé peut croître avec l'âge. (Pour un examen approfondi des facteurs de risque de la mortalité aux grands âges, voir Christensen et Vaupel, 1996).

Un résultat essentiel obtenu récemment est que les écarts de durée de vie de l'adulte sont imputables pour près d'un quart à des différences génétiques entre individus et que l'impact des facteurs génétiques pourrait être de même ampleur, voire plus important, aux âges avancés (Vaupel *et al.*, 1998). On a découvert plusieurs gènes polymorphes, dont le gène ApoE, qui influencent la mortalité aux très grands âges. Il pourrait exister des centaines de gènes avec des polymorphismes communs affectant la mortalité aux très grands âges.

Des travaux en cours laissent entrevoir que les variations de la durée de vie au-delà de 50 ans pourraient être imputables pour un autre quart à des caractéristiques non génétiques plus ou moins fixées une fois atteint l'âge de 50 ans (Vaupel *et al.*, 1998). Outre le niveau d'instruction et le statut socio-économique, le mois de naissance influence la mortalité aux très grands âges (Doblhammer, 1999). Les hommes et les femmes qui ont

un bébé dans la quarantaine présentent une mortalité moindre aux âges extrêmement avancés. La nutrition ainsi que les infections *in utero* et au début de la vie exercent une forte influence sur la mortalité tardive (Barker, 1992).

Comme le montrent les paragraphes qui précèdent, les déterminants de la longévité commencent à être bien connus. Au vu du vif intérêt que suscitent chez nombre de nos contemporains les secrets de la longévité et les recettes pour vivre vieux, on pourrait même s'attendre à ce qu'ils soient encore mieux connus. Très peu de recherches ont été conduites de manière systématique sur l'importance relative des différents facteurs déterminant la longévité. Par ailleurs, la longévité dans les pays en voie de développement n'a pratiquement pas été étudiée, ce qui confère d'autant plus de prix à l'article de Zeng Yi *et al.* publié dans ce numéro. Les auteurs y décrivent une étude de grande importance sur la longévité en bonne santé lancée en 1998 en Chine. Ils évaluent la qualité des données, qui s'avère très bonne, avant de présenter quelques premiers résultats sur l'espérance de vie en bonne santé aux très grands âges. La conclusion majeure est qu'en Chine, les personnes âgées peuvent espérer passer la plus grande partie du reste de leur vie sans déficience bénigne ou grave.

Leonid et Natalia Gavrilo ont également contribué à ce numéro spécial avec un article traitant des déterminants de la longévité. Deux éléments retiennent surtout l'attention des Gavrilo :

1) Les effets de l'âge des parents au moment de la procréation sur la durée de vie de leur descendance, l'accent étant mis sur les conséquences des maternités et paternités tardives ;

2) La question de savoir si les pères ou les mères transmettent leur longévité à leurs enfants.

Ce sont là des questions intéressantes, mais l'article de Leonid et Natalia Gavrilo se limite à un long catalogue des travaux qu'ils ont publiés à ce jour sur ces questions assorti de quelques statistiques nouvelles qui viennent étayer leurs conclusions antérieures. La plupart des conclusions étant qualifiées de « préliminaires », on peut en déduire que les auteurs ont l'intention de poursuivre leurs recherches sur ces deux thèmes. Quoi qu'il en soit, une constatation surprenante est que l'âge avancé du père à la procréation raccourcit considérablement la vie des filles, tandis qu'il compte beaucoup moins pour les fils et que l'âge de la mère au moment de la procréation n'a aucune conséquence, que ce soit pour les filles ou les fils. Une deuxième constatation soulignée par les Gavrilo est qu'on assiste à un allongement très net de la longévité des fils comme des filles dont les pères dépassent l'âge de 70 et 80 ans. En revanche, la longévité de la mère semble moins importante pour les fils et, probablement, pour les filles aussi.

Hélas, ces deux constatations ne sont que « préliminaires » pour des raisons que les Gavrilo donnent eux-mêmes, notamment la nécessité de

travailler sur des échantillons plus vastes avec davantage de variables, et aussi parce que les outils statistiques qu'ils utilisent sont rudimentaires et peut-être mal adaptés. Qui plus est, la sélectivité dont ils font preuve en citant certaines conclusions et références, mais en laissant d'autres de côté, est sujette à caution. À titre d'exemple, Leonid et Natalia Gavrilov mettent fort en avant leur constatation suivant laquelle la durée de vie des enfants tend à s'allonger de plus en plus rapidement à mesure que la durée de vie des parents augmente. Ils omettent de préciser qu'un modèle très simple peut expliquer cette situation, un modèle dans lequel les enfants héritent de la « fragilité » de leurs parents et où la fragilité d'une personne accroît ou diminue les risques de mortalité de cette personne d'un même facteur à tous les âges (Vaupel, 1989).

L'article de Westendorp et Kirkwood publié dans ce numéro spécial traite aussi de l'influence de la longévité des parents sur celle de leurs enfants. Leur analyse se fonde sur des données généalogiques de l'aristocratie britannique se rapportant à 6 415 hommes et 2 441 femmes pour lesquels ils disposaient d'informations sur les dates de naissance et de décès des individus étudiés et de chacun de leurs parents. La plupart de ces hommes et de ces femmes sont nés entre 1700 et 1875, mais certains cas remontent au VIII<sup>e</sup> siècle. Le nombre moyen d'enfants par père et mère serait de 1,83 et 1,69; on voit mal comment ces valeurs ont été obtenues, mais elles paraissent faibles. De plus, dans cette étude, le nombre d'individus de sexe masculin est très supérieur à celui des individus de sexe féminin. Bien que cet ensemble de données soit intéressant, il pêcherait donc par une couverture très incomplète des femmes et des enfants. En outre, tout comme les Gavrilov, Westendorp et Kirkwood utilisent des modèles statistiques simples qui ne sont peut-être pas adaptés aux données qu'ils analysent. À titre d'exemple, « la durée de vie d'une personne a été considérée comme "longue" quand elle dépassait 75 ans ». Or, les chances de vivre aussi longtemps ont sensiblement augmenté au fil du temps. Westendorp et Kirkwood tentent de contrôler l'évolution séculaire des taux de mortalité par âge en prenant en compte une variable relative à l'année de naissance dans leur régression. Or, la mortalité, et notamment les énormes améliorations réalisées dans ce domaine au cours des 150 dernières années, a surtout évolué par période plutôt que par cohorte. Il vaudrait mieux évaluer la proportion de personnes dans la cohorte de naissances (de même sexe) de la personne encore en vie au moment de son décès et faire reposer l'analyse sur ces fractiles de survie plutôt que sur l'âge en tant que tel.

Westendorp et Kirkwood signalent que la relation entre la durée de vie des parents et celle des enfants change en fonction de la période et du sexe. Ils écrivent par exemple qu'« entre 700 et 1700, les chances de vivre longtemps des hommes, mais non celles des femmes, dépendent de la longévité de leurs parents, en particulier du père ». Les démographes que ce type de constatation interpelle voudront procéder à des études plus pous-

sées à l'aide de méthodes plus convaincantes et appliquées à des ensembles de données moins problématiques.

Pour terminer, le bref article de Bertrand Desjardins publié dans ce numéro se penche sur l'héritabilité de la longévité en répétant une étude réalisée précédemment par Robine et Allard (1998, 1999) qui visait à déterminer si les ancêtres de Jeanne Calment, décédée à 122 ans, avaient vécu plus longtemps qu'un groupe témoin, ce qui était effectivement le cas. Desjardins fait un constat similaire pour la Québécoise Marie-Louise Meilleur qui décéda peu avant son 118<sup>e</sup> anniversaire. Si les ancêtres de Marie-Louise Meilleur ont vécu en moyenne presque 6 années de plus que les membres du groupe témoin, près de 22 % des personnes composant chaque groupe ont dépassé l'âge de 80 ans. Ce résultat contraste avec celui obtenu par Robine et Allard qui ont constaté que 24 % des ancêtres de Jeanne Calment ont vécu plus de 80 ans contre seulement 2 % dans le groupe témoin. Comme nous l'avons expliqué plus haut, puisque les chances de survie jusqu'à 80 ans ne sont pas les mêmes pour les hommes et pour les femmes et que la situation a changé du tout au tout au cours du temps, cela vaudrait la peine de refaire ces analyses en se basant sur des fractiles de survie plutôt que sur l'âge proprement dit.

## VII. Les projections en matière de longévité

Presque toutes les projections démographiques réalisées par des organismes gouvernementaux tablent sur de faibles baisses de la mortalité. Les taux de mortalité ayant diminué à presque tous les âges au cours du siècle dernier, et ayant diminué à un rythme accéléré aux âges avancés, les projections réalisées par le passé ont fortement sous-estimé les progrès de la survie.

Dans les pays développés, l'allongement notable de l'espérance de vie est tributaire d'une diminution sensible de la mortalité aux très grands âges. Si les progrès sont lents, l'espérance de vie du moment à la naissance en 2050 pourrait être inférieure à 85 ans dans la plupart des pays développés. En revanche, si l'amélioration de la mortalité française se poursuit au même rythme qu'au cours des dernières décennies, la moitié des filles nées en France à la fin du XX<sup>e</sup> siècle pourraient voir l'aube du XXII<sup>e</sup> siècle. Il faut noter la différence entre ces deux énoncés. Le premier se réfère à l'espérance de vie du moment pour les deux sexes confondus. Le second se rapporte à la durée de vie médiane de la cohorte pour les femmes en France. Les divergences qui semblent opposer les démographes à propos de la durée de vie future proviennent souvent de ce qu'ils se basent sur des mesures et des populations différentes. En revanche, les divergences sont bien réelles sur la question de savoir si le rythme de

baisse de la mortalité va se maintenir, continuer à s'accélérer ou diminuer au cours du prochain siècle (Robine *et al.*, 1997; Wilmoth, 1998).

Dans leur article, Graziella Caselli et Jacques Vallin explorent des évolutions radicales de la mortalité et de la fécondité qui pourraient modifier fondamentalement la taille de la population mondiale et sa structure par âge. Ils n'hésitent pas à étudier des espérances de vie de 150 ans ou l'évolution de la situation jusqu'à l'an 2350. Ils ne s'agit pas de prévisions, mais de scénarios reposant sur diverses hypothèses. Une polémique anime actuellement la communauté des démographes quant à savoir si l'espérance de vie pourrait passer à 100 ans et si le taux global de fécondité totale pourrait tomber à 1,8. Graziella Caselli et Jacques Vallin mettent le débat actuel en perspective : la palette des projections actuellement en concurrence est très réduite si on la compare à l'étendue des options possibles. À vrai dire, l'avenir nous est largement inconnu, c'est pourquoi l'article de Caselli et Vallin constitue un correctif salutaire, une vision qui élargit nos horizons.

## RÉFÉRENCES

- BARKER D.J.P., 1992, *Fetal and Infant Origins of Adult Disease*, BMJ Press, London.
- CAREY J.R., LIEDO P., MUELLER H.-G., WANG J.-L., VAUPEL J.W., 1998, « Dual modes of aging in Mediterranean fruit fly females », *Science*, 281, p. 996-998.
- CHRISTENSEN K., VAUPEL J.W., 1996, « Determinants of longevity: Genetic, environmental, and medical factors », *Journal of Internal Medicine*, 240, p. 333-341.
- DOBLHAMMER G., 1999, « Longevity and month of birth: Evidence from Austria and Denmark », *Demographic Research*, 1, 3 (peut être consulté sur <http://www.demographic-research.org>).
- GJONCA A., BROCKMANN H., MAIER H., 2000, « Old-age mortality in Germany prior to and after reunification », *Demographic Research*, 2, 6 (peut être consulté sur <http://www.demographic-research.org>).
- HILL M.E., PRESTON A.H., ROSENWAIKE I., 2000, « Age reporting among White Americans aged 85+ », *Demography*, 37, p. 175-186.
- JEUNE B., VAUPEL J.W. (eds.), 1995, *Exceptional Longevity: From Prehistory to the Present*, Odense University Press, Odense, Denmark (peut être consulté sur <http://www.demogr.mpg.de>).
- JEUNE B., VAUPEL J.W. (eds.), 1999, *Validation of Exceptional Age*, Odense University Press, Odense, Denmark (peut être consulté sur <http://www.demogr.mpg.de>).
- KANNISTO V., 1994, *Development of Oldest-Old Mortality, 1950-1990: Evidence from 28 Developed Countries*, Odense University Press, Odense, Denmark (peut être consulté sur <http://www.demogr.mpg.de>).
- KANNISTO V., 1996, *The Advancing Frontier of Survival*, Odense University Press, Odense, Denmark (peut être consulté sur <http://www.demogr.mpg.de>).
- MANTON K.G., VAUPEL J.W., 1995, « Survival after the age of 80 in the United States, Sweden, France, England and Japan », *New England Journal of Medicine*, 333, p. 1232-1235.
- OMRAN A.R., 1971, « The epidemiologic transition », *Milbank Memorial Fund Quarterly*, 49, p. 509-538.
- OLSHANSKY S.J., AULT B., 1986, « The fourth stage of the epidemiologic transition », *Milbank Quarterly*, 64, p. 355-391.
- ROBINE J.-M., ALLARD M., 1998, « The oldest human », *Science*, 279.
- ROBINE J.-M., ALLARD M., 1999, « Jeanne Calment: Validation of the duration of her life », in Jeune and Vaupel, 1999.
- ROBINE J.-M., VAUPEL J.W., JEUNE B., ALLARD M., 1997, *Longevity: To the Limits and Beyond*, Springer Verlag, Berlin.



- THATCHER A.R., KANNISTO V., VAUPEL J.W., 1998, *The Force of Mortality at Ages 80 to 120*, Odense University Press, Odense, Denmark (peut être consulté sur <http://www.demogr.mpg.de>).
- VAUPEL J.W., 1988, « Inherited frailty and longevity », *Demography*.
- VAUPEL J.W., 1997, « The remarkable improvements in survival at older ages », *Philosophical Transactions of the Royal Society London B*, 352, p. 1799-1804.
- VAUPEL J.W., CAREY J.R., 1993, « Compositional interpretations of medfly mortality », *Science*, 260, p. 1666-1667.
- VAUPEL J.W., CAREY J.R., CHRISTENSEN K., JOHNSON T.E., YASHIN A.I., HOLM N.V., IACHINE I.A., KANNISTO V., KHAZAEI A.A., LIEDO P., LONGO V.D., ZENG Y., MANTON K.G., CURTSINGER J.W., 1998, « Biodemographic trajectories of longevity », *Science*, 280, p. 855-860.
- VAUPEL J.W., JEUNE B., 1995, « The emergence and proliferation of centenarians », in Jeune and Vaupel, 1995.
- WACHTER K.W., FINCH C. E., 1997, *Between Zeus and the Salmon: The Biodemography of Longevity*, National Academy Press, Washington DC.
- WILMOTH J.R., 1998, « The future of human longevity: A demographer's perspective », *Science*, 280, p. 395-396.
- WILMOTH J.R., DEEGAN L.J., LUNDSTROEM H., HORIUCHI S., 2000, « Increase in maximum life-span in Sweden 1861-1999 », *Science*, 289, p. 2366-2369.
- ZENG Y., VAUPEL J.W., 2000, Mortality of centenarians in China. À paraître.