

DOCUMENTS DE TRAVAIL 269

Bertillon et l'histoire des tables de survie

Jean-Marc Rohrbasser

Février 2022

**Jean-Marc Rohrbasser, *Bertillon et l'histoire des tables de survie*,
Paris, Ined, Document de travail, 269**

https://doi.org/10.48756/dt-ined_fhx0-nb78



Bertillon et l'histoire des tables de survie

Jean-Marc Rohrbasser
Chercheur retraité de l'Ined

RESUME

L'objet de ce travail est de retracer la filiation qui a conduit Louis-Adolphe Bertillon à élaborer des tables de mortalité et à examiner leur pertinence. En quoi Bertillon hérite-t-il de ses prédécesseurs ? En quoi innove-t-il en ce domaine ? Comment évaluer les résultats qu'il obtient par rapport à ceux d'autres tables qui lui sont antérieures, contemporaines ou postérieures ? En élaborant ses tables de mortalité, Bertillon précise sa conception de la statistique. Pour lui, les mathématiques sont un outil nécessaire mais non suffisant : encore faut-il, pour les utiliser à bon escient, être statisticien. Il se montre par ailleurs empiriste convaincu se méfiant de l'abstraction et de la conjecture tous azimuts. Peut-être trouve-t-on dans ses travaux la lointaine origine du clivage qui s'opèrera pendant une bonne partie du XX^e siècle dans les sciences de la population entre l'analyse démographique *stricto sensu* et la théorie des probabilités.

The object of this paper is to trace the filiation which led Louis-Adolphe Bertillon to develop life tables and to examine their relevance. How does Bertillon inherit from his predecessors? How is he innovating in this area? How to assess the results he obtains compared to those of other tables which are earlier, contemporary or later? By drawing up his life tables, Bertillon clarifies his conception of statistics. For him, mathematics is a necessary but not sufficient tool: it is also necessary, in order to use it wisely, to be also a statistician. Bertillon shows himself to be a convinced empiricist, wary of abstraction and all-out conjecture. Perhaps we find in his works the distant origin of the cleavage which will operate during a good part of the 20th century in the sciences of the population between demographic analysis *stricto sensu* and the theory of probabilities.

Mots clés : Tables de mortalité ; histoire de la démographie ; histoire de la statistique ; empirisme

Key words : Life tables ; History of demography ; history of statistics ; empirism.

L'objet de ce travail est de retracer la filiation qui a conduit Louis-Adolphe Bertillon à élaborer des tables de mortalité et à examiner leur pertinence. En quoi Bertillon hérite-t-il de ses prédécesseurs ? En quoi innove-t-il en ce domaine ? Par conséquent, je décrirai en premier lieu l'héritage que recueille le médecin, je confronterai ensuite ses travaux avec ceux de Quetelet et de Bienaymé, avant de terminer par une comparaison des résultats qu'il obtient avec ceux d'autres tables qui lui sont antérieures, contemporaines ou postérieures.

Effectuant une synthèse de travaux antérieurs sur la mortalité, Emile Levasseur (1887) propose une image à caractère militaire qui résonne avec un écho familier aux oreilles de l'historien de la statistique : « Comme les bataillons d'une armée qui vient de faire campagne, les générations qui composent une population sont diminuées par des pertes d'autant plus considérables qu'elles ont été engagées plus longtemps et plus avant dans la lutte » (Levasseur, 1887, p. 68). Cette entrée en matière évoque immédiatement le pasteur prussien Johann Peter Süßmilch comparant, plus d'un siècle auparavant, la population à une armée en marche, relativement à l'ordre qu'observent ces deux entités. Dans un régiment, si rien n'est laissé au hasard, « si les soldats et les phalanges se suivent selon la taille, l'uniforme, l'arme et toutes autres choses, si les troupes sont également réparties, l'espace entre les phalanges et les troupes et la marche d'égale vitesse », on pourra alors dire, écrit Süßmilch, non seulement qu'il y a de l'ordre, mais encore qu'il règne dans ce défilé « un grand ordre, et certes le plus grand, le plus accompli et le plus beaux des ordres. » (Süßmilch, 1761-62, I, 1, 14, p. 52).

L'héritage

Dès la fin du XVII^e siècle, l'astronome anglais Edmund Halley (1693) avait exploité des données collectées de 1687 à 1691 à Breslau pour élaborer une table de survie dont la construction, précise-t-il, requiert une population fermée – sans migration - et stationnaire : le nombre des naissances équilibre celui des décès pour chaque génération ou cohorte. L'astronome estime que Breslau satisfait à peu près à cette exigence (Halley, 1693,) et propose une table montrant « les chances de mourir à tous âges », c'est-à-dire les probabilités de décéder à chaque âge et, de ce fait, « les différents degrés de mortalité, ou plutôt de vitalité à tous âges » ; elle montre encore « les chances qu'il y a qu'une personne d'un âge quelconque vive jusqu'à un âge donné » et enfin « comment faire une certaine estimation de la valeur des rentes viagères ». L'utilité financière conférée à une telle table est donc affirmée dès l'origine ainsi que son caractère probabiliste : il s'y agit, comme diront Bertillon et ses contemporains, de la « dîme mortuaire », le tribut que les survivants d'une génération doivent payer à la mort, et de « chances de mort » ou « dangers de mort », le risque ainsi encouru. Comme

l'explique un des maîtres de Bertillon, « la connaissance des chances de mortalité est non seulement d'une haute importance pour le médecin, pour l'administrateur, pour l'économiste ; mais elle a encore pour chacun de nous un intérêt des plus vifs. Elle peut nous prémunir, dans la conduite habituelle de la vie, contre l'exagération des craintes et des espérances ; elle peut faciliter notre soumission aux lois sévères de la nature » (Cournot 1843, p. 312). Outre ce rôle dans la philosophie morale de chacun, la table de mortalité des statisticiens vise deux objectifs : déterminer un "ordre de la mortalité" et définir une espérance de vivre afin d'estimer la valeur d'achat d'une rente viagère.

L'un des successeurs de Halley, Antoine Deparcieux (1746), construit des tables dont la particularité est de décrire l'extinction de générations de rentiers ou de religieux et religieuses, c'est-à-dire d'une population choisie. L'unique objectif que se fixe l'auteur de *l'Essai...* est l'estimation de la valeur d'achat des rentes à vie. Il présente ses résultats sous la forme d'un tableau synoptique montrant la survie, les décès et les vies moyennes, c'est-à-dire des "espérances de vie", pour différents ordres de mortalité. Entre-temps, les Hollandais Nicolas Struyck (1740) et Willem Kersseboom (1742) avaient élaboré les premières tables distinguant la mortalité des rentiers et rentières d'Amsterdam.

Au XIX^e siècle, Achille Guillard, beau-père de Bertillon et créateur du terme "démographie", est l'un des principaux inspirateurs des travaux du médecin. Dans une lettre adressée à Joseph Garnier, rédacteur en chef du *Journal des économistes*, Guillard déplore que les « précieuses tables » contenant les « relevés alphabétiques des naissances, mariages et décès qui ont eu lieu dans chaque commune pendant les dix ans écoulés » manquent d'une donnée importante : l'âge des décédés (Guillard, 1853b, p. 274). L'y faire figurer « n'augmenterait pas de deux heures en dix ans le travail du secrétaire de la mairie », alors que ce renseignement permettrait d'avoir « avec quelques traits de plume les tables de mortalité de chaque département, de chaque canton ». On pourrait sans difficulté composer ces tables « si instructives malgré leur imperfection peut-être inévitable », les décomposer, les « grouper selon les circonstances de l'habitation, selon la distinction des races et les autres conditions physiologiques ; [on] dresserait alors une carte biologique de la France ». Est-ce là ce qui a incité Bertillon à élaborer La démographie figurée de 1874 ?

Un an plus tard, Guillard (1854) propose une mise au point méthodologique sur les tables de mortalité. Il commence par préciser que "table de mortalité" peut désigner de manière confuse à la fois « les *tables mortuaires*, les tables de *Survie* et les tables de *Population*¹ », et, « sans aucune prétention mathématique », se donne comme objectif d'éclaircir ce sujet « qui a cela de curieux qu'il touche en même temps à la plus haute philosophie de la statistique et aux applications les plus communes » (p. 441).

Guillard définit la première catégorie, les tables mortuaires, comme étant « de simples relevés de décès classés par âges ». C'est selon lui « le fait naturel,

1 En italiques dans le texte, comme pour toutes les citations qui suivent.

l'histoire de la mort chez une nation et à une époque donnée ». En considérant l'évolution de la survie, « l'on tâche de remonter jusqu'à la LOI¹ de la mortalité », cette induction étant soumise à deux conditions : disposer de grands nombres et d'une mortalité proportionnelle ne subissant pas de variation continue (p. 442).

La deuxième catégorie de tables de mortalité est, selon Guillard, celle des tables de survie : « elles ont pour objet d'indiquer combien, sur un nombre donné d'individus d'un âge connu, il en survit après un temps déterminé », ou encore « sur 1 000 individus qui naissent en 1 an, combien en meurt-il dans leur première année, combien dans la seconde, etc. jusqu'au dernier ? » (p. 449) L'auteur fait observer que les tables de la première catégorie, les tables mortuaires, ne répondent pas à cette question, ne disant rien du rapport des décès aux naissances. De plus, « aucun peuple, que nous sachions, ne jouit aujourd'hui de cette triple condition, des naissances annuelles réduites à la proportion des décès, des décès annuellement distribués en même mesure sur les mêmes âges et des uns et des autres se répétant sans variations continues » (p. 450). Guillard distingue deux espèces de population par rapport à la survie : celles qui « accroissent rapidement leur population par une augmentation annuelle de naissances et sans diminution appréciable de mortalité » ; celles qui « accroissent leur population plus lentement, sans accroître leurs naissances, par la seule diminution de la mortalité » (p. 452). Il détaille deux cas spécifiques : celui de la Saxe royale pour la première catégorie et celui de la France pour la seconde, avec pour ce pays une table de survie des années 1840-1849 (p. 456).

La troisième catégorie des tables de mortalité est formée par les tables de population. Celles-ci « ont pour objet de faire connaître l'état moyen de la Population, à savoir sa quantité et sa répartition quant aux sexes et aux âges, chez une nation et pour une période données ». Ainsi, « la table de P [la table de population] dérive de la Survie, comme la Survie de la Mortuaire ». Alors, lorsque la proportion des naissances aux décès et la mortalité moyenne sont constantes, « la table de survie est elle-même une table de P : elle équivaut à un recensement théorique, ou qui serait fait avec une parfaite exactitude dans une année moyenne ou normale, c'est-à-dire purgée de toute variation accidentelle ». Dans ce cas en effet, remarque Guillard, « prendre 1 000 individus nés la même année, et enregistrer leurs décès an par an jusqu'à extinction totale, c'est la même chose que constater tous les décès survenus dans une population pendant une seule année et les classer par âges » (p. 473). L'auteur représente cette « identité » - qui n'est évidemment que conceptuelle et suppose une mortalité constante au fil des générations - du longitudinal et du transversal par un « anagramme » annonçant les travaux de Wilhelm Lexis (figure 1).

1 En capitales dans le texte.

Figure 1. L' « anagramme » de Guillard (1854a, p. 474)

Recensement des vivants au dernier jour de

1850.	1851.	1852.	1853.	1854.	1855.	1856.	1857.	1858.	1859.
a									
b	a								
c	b	a							
d	c	b	a						
e	d	c	b	a					
f	e	d	c	b	a				
g	f	e	d	c	b	a			
h	g	f	e	d	c	b	a		
i	h	g	f	e	d	c	b	a	
j	i	h	g	f	e	d	c	b	a

Dans cette figure, a représente les survivants nés dans l'année du recensement, b ceux qui sont nés l'année précédente, etc. Alors « $P = a + b + c + d + e + f + g$, etc., en allant soit de haut en bas, soit de droite à gauche. C'est l'effet de l'engrenage régulier des années qui se succèdent ».

Toutefois, poursuit Guillard, « le recensement le plus parfait ne saurait tenir lieu de la table de Population moyenne », un bon dénombrement, si tant est qu'une telle chose existe, n'indiquant que « l'état de la population au jour où l'on aura opéré » (p. 474). Guillard présente une table de P moyenne pour la France des années 1840-1849 (p. 477) et pour la Belgique des années 1841-1850 (p. 479). Il conclut en précisant ce qu'il faut entendre par table de population : « si c'est une table qui donne le nombre vrai des habitants avec leur âge vrai, c'est le recensement lui-même, supposé qu'il soit exact ». Il en va de même pour une table qui donne « le rapport des âges »¹ en un jour déterminé : c'est encore l'affaire du recensement. Mais « l'élément statistique en ce sujet est le rapport moyen des âges pour une période donnée », à tirer directement « des tables de Survie, tirées elles-mêmes des Mortuaires de la période visée » (p. 482). Quand ces tables tiennent compte à la fois de « l'ordre des naissances » et de « l'ordre des décès », elles montrent « de l'un et de l'autre un tableau composé sur les faits généralisés, résultat précieux du judicieux emploi des moyennes statistiques », elles renseignent sur « la suite des progrès accomplis par les populations non seulement en quantité, ce qui est peu de chose, mais surtout en qualité, [...] ce qui est, avec le progrès moral, le but de toute science » (p. 483). Enfin, la table de P peut être utilisée pour comparer et contrôler les recensements.

Bertillon, Quetelet et Bienaymé

Un autre maître de Bertillon, Adolphe Quetelet distingue deux méthodes pour former des tables de mortalité : « l'une, plus expéditive, emploie les listes

¹ Guillard nomme ainsi la proportion de la population de chaque âge dans la population totale.

mortuaires seulement ; l'autre, rigoureuse et directe, emploie, avec les listes mortuaires, les chiffres de la population de chaque âge » (Quetelet, 1854). La première méthode, qui « admet implicitement l'hypothèse que la population de chaque âge reste annuellement la même », doit, « pour éliminer les anomalies fortuites » dues aux « circonstances accidentelles frappant parfois de préférence l'un ou l'autre âge », considérer « plusieurs listes annuelles dont on déduit une liste moyenne qui représente la mortalité » ; cette façon de procéder aboutit à une "table de mortalité du moment". La seconde méthode « consiste à séparer la population par âges et à calculer directement la mortalité de chaque groupe » (Quetelet, 1854, p. 701). La première méthode dépend de la nature des données utilisées, la seconde décrit une procédure.

Or, il existe une autre possibilité, exposée par Antoine-Augustin Cournot : « si l'on prenait au hasard un grand nombre d'enfants nouveau-nés, 10 000 par exemple, et qu'on les suivît jusqu'à l'instant de la mort, on pourrait inscrire, à côté de chaque âge, le nombre des survivants de cet âge, et l'on aurait ainsi une table de mortalité, d'où il serait facile de tirer une table des probabilités de la vie humaine » (Cournot, 1843, p. 313). Cette "table de mortalité par génération" dont Cournot souligne les difficultés, selon lui inhérentes aux lois du hasard, est celle que présente Deparcieux pour une population de souscripteurs de rentes. L'application à la population générale ne deviendra possible que dans la seconde moitié du XIX^e siècle.

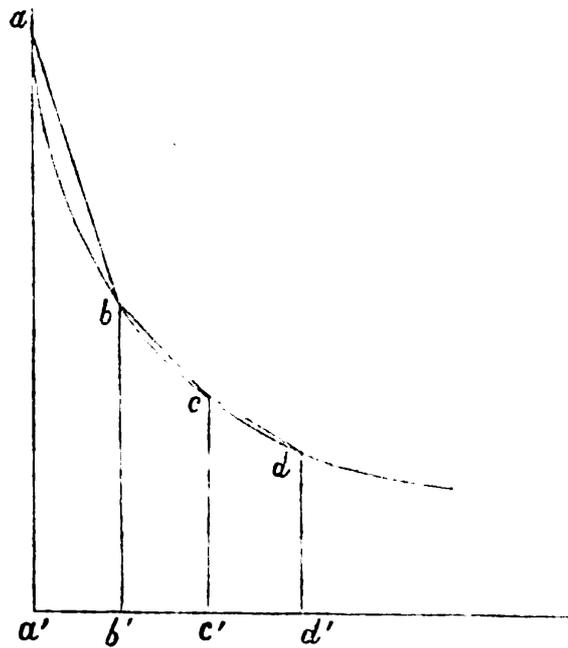
Cournot expose avec clarté la corrélation existant entre la « loi de mortalité » d'un pays et sa « loi de population », et que cette dernière doit décrire une population étant « dans l'état stationnaire ». Une fois posée cette condition nécessaire, le mathématicien est en mesure de définir le risque de décéder ou « le danger annuel, ou la probabilité pour les individus qui ont atteint un âge déterminé de mourir dans l'année qui doit suivre » (p. 315). Il définit également le risque instantané de décéder dans une longue note au bas des p. 317 à 321 puis, compte tenu des difficultés propres à un dénombrement par âges, fournit la méthode de construction d'une "table du moment". Elle procède à partir des actes de décès qui, aux termes de la loi, doivent mentionner l'âge du décédé. A partir de ces actes, « on trouvera immédiatement le nombre des décédés de chaque âge ; et en comparant ces nombres à celui des naissances annuelles, on construira (toujours dans l'hypothèse d'une loi de population stationnaire) la table de mortalité, laquelle pourra servir à son tour à construire la table de la population, telle que le recensement par âges la donnerait ». Le mathématicien précise que cette méthode, bien plus facilement praticable que la précédente [le dénombrement par âges], est en effet celle qu'on a suivie dès l'origine » (p. 322). Mais « tous les pays soumis à l'influence de notre civilisation européenne sont encore loin de cet état stationnaire auquel nous supposons ramenées la loi de la population et celle de la mortalité » (p. 324), et toutes les causes d'erreurs et d'incertitudes expliquent la grande divergence entre les tables. Cournot rappelle que la coutume conduit à répartir les tables en deux catégories : « les tables à mortalité lente [lent

déclin du nombre de survivants jusqu'à extinction] et les tables à mortalité rapide [rapide déclin du nombre de survivants jusqu'à extinction ». Il est clair, selon le mathématicien, que « les compagnies dont les spéculations embrassent les paiements des rentes viagères ou les assurances sur la vie, choisissent pour bases de leurs calculs, selon que leur intérêt s'y trouve, tantôt les tables à mortalité lente, tantôt celles à mortalité rapide ». Les Sociétés de tontiniers utiliseront plus volontiers les premières, les assureurs les secondes.

Dans un mémoire antérieur de trois ans à celui que j'ai mentionné ci-dessus, Quetelet (1851) examine comment la table de survie qu'il propose a été déduite de la table de mortalité. Il expose en détail et de manière critique les techniques employées par Joseph Fourier (Fourier, 1821, p. 9-28) et par Sylvestre Lacroix (Lacroix, 1816, § 110-114, p. 187-195), en mettant l'accent sur les hypothèses fortes qui sous-tendent leurs calculs : « on a reconnu depuis longtemps qu'une table de population déduite d'une table de mortalité [...] ne peut concorder avec une table de population directement déduite d'un recensement que dans des circonstances exceptionnelles » (Quetelet, 1851, p. 83). Dans ses *Recherches*, Fourier formalise en effet une relation entre la suite des survivants et celle des décès, provenant « de ce que la première [...] représente également les nombres des vivants de tous âges, et les valeurs successives auxquelles se trouve réduit au commencement de chaque année le nombre N des enfants qui sont nés dans le cours d'une année entière ». Mais la déduction de la suite des décès à partir de celle des survivants « est entièrement fondée sur les deux conditions suivantes : 1°. que la population est parvenue dans toutes ses parties à un état invariable ; 2°. que l'on regarde comme nul ou très peu sensible l'effet de l'arrivée des étrangers ou de la sortie des natifs » (Fourier, 1821, p. 14). C'est la double condition, déjà reconnue par Halley en 1693, de stationnarité et de fermeture de la population. Quetelet mentionne enfin un commentaire du médecin de Königsberg Ludwig Moser qui, citant l'Essai de physique sociale publié en 1835 par l'astronome belge, affirme être d'accord « avec la comparaison que [celui-ci] fait des deux méthodes pour calculer les survivants à un âge donné, soit par les tables de mortalité, soit par le dénombrement direct. Excepté les survivants à 1 an, le dénombrement donne toujours des valeurs inférieures de la loi de mortalité » (Moser, 1839, p. 99).

Cette inégalité des valeurs obtenues tient en partie, selon Quetelet, « aux méthodes de calcul suivies jusqu'à présent, et elle en est une conséquence nécessaire ». En effet, en représentant le nombre des enfants de 0 à 1 an par la somme de la moyenne des naissances et de celle des survivants à 1 an, « on suppose tacitement que la mortalité procède d'une manière régulière depuis la naissance jusqu'au bout de la première année ; or, cette hypothèse n'est exacte à aucun âge de la vie, et moins encore pour la première année qui suit la naissance : elle revient à substituer [...] à une courbe concave un polygone formé par une série de cordes » (p. 84-85). L'auteur trace cette courbe de survie (figure 2) :

Figure 2. Début d'une courbe de survie hypothétique
(Quetelet, 1851, p. 85)



Comme l'écrit Quetelet, « la surface limitée par les deux axes prolongés aa' et $a'd'$ représenterait [...] la totalité de la population », autrement dit l'intégrale

$$P = \int_{a'}^{d'} f(x)dx.$$

Il est clair que la somme des aires des trapèzes $aa'b'b$ etc., chacun représentant la somme de la moyenne des naissances et de celle des survivants, est supérieure à la valeur de cette intégrale qui ne serait autre que le chiffre fourni par un dénombrement exact. La courbe de survie représente la fonction de survie, à savoir le taux de survie en fonction du temps ou encore le risque de décéder ; en supposant infiniment petite chaque portion de temps, on obtient le quotient instantané, risque de décéder durant une portion de temps infinitésimale, à partir duquel peut être construite la table de mortalité la plus proche des données du dénombrement, en supposant également que ces dernières sont exactes.

Suivant Quetelet, « une table de population, déduite d'une table de mortalité, formerait [...] une limite *supérieure*, [tandis qu'une autre] déduite des résultats d'un bon recensement, forme une limite *inférieure* ». Il précise qu'une table déduite du recensement « résume les résultats généraux des phases prospères ou funestes qu'a présentées un même peuple pendant l'espace d'un siècle environ », tandis qu'une table déduite d'une table de mortalité « n'est en quelque sorte que

l'expression des effets produits par la mortalité pendant la période sur laquelle ont porté les calculs » (p. 86).

La table de Bertillon (1866b, p. 61-62) pour les années 1840-1859 est, comme ses devancières en population générale, une table de mortalité du moment, mais qui présente cet avantage d'être fondée sur une répartition de la population par âge que l'auteur a pu compiler dans les résultats des recensements de 1851 et 1856¹ non sans s'être livré à une étude critique serrée desdits résultats (1857a, p. 62-65). Il est ainsi en mesure de calculer des quotients de mortalité par âge suivant une définition de cette notion qu'il s'attache à approfondir tout au long de sa carrière et par laquelle, bouclant une longue boucle, il rejoint Halley. Il la nomme « dîme mortuaire », à savoir la « probabilité de mourir dans l'unité de temps » (1875c, p. 734) et coefficient de mortalité à savoir « le rapport entre le nombre des décès et celui des vivants qui les ont fournis dans l'unité de temps (ordinairement l'année) » (p. 732), soulignant ainsi clairement la dépendance existant entre taux brut de mortalité et structure par âge de la population (1866b, p. 50-59 ; 1869h, p. 30-37 ; 1875c, p. 750-757). Le médecin fournit un exemple éclairant de ce qu'il conceptualise comme coefficient de mortalité : si 429 000 garçons de 0 à 1 an fournissent dans l'année 87 610 décès, le rapport de 0,204 est « pour chaque enfant mâle de 0 à 1 an, le danger moyen de mourir dans l'année [...] J'appelle 0,204 coefficient de mortalité de 0 à 1 an » (1866h, p. 54). Ce concept constitue la meilleure mesure et peut-être, dans l'esprit de l'auteur, la seule : « il n'y a donc vraiment qu'une manière d'apprécier la mortalité qui pèse sur les âges, c'est de comparer le nombre moyen des décès de chaque âge ou de chaque période d'âge, au nombre moyen des vivants qui les fournissent : le rapport qui lie ces deux quantités est la probabilité, ou le danger de mourir, ou encore le coefficient de mortalité propre à chaque âge » (1857a, p. 66). Bertillon fournit un tableau comparatif de ces coefficients (p. 78).

Une partie de la réponse que fait Bertillon (1877i) au rapport de Bienaymé (Bienaymé, 1877) sur son ouvrage paru en 1874, *La démographie figurée de la France*, concourant pour le Prix Montyon de statistique de 1876, permet au médecin de revenir encore une fois sur la définition des concepts utilisés par les démographes en matière de mortalité. Bertillon soutient que « M. Bienaymé se trompe lorsqu'il dit que c'est exclusivement le rapport des décès d'un âge à l'autre ($D_{n...n+1}$) aux survivants (S_n) de l'âge précédent (soit $D_{n...n+1}/S_n$) que les statisticiens appellent mortalité ». Cette accusation portée contre les statisticiens à propos du quotient de mortalité, ou du risque de décéder dans l'année - la « probabilité de mort » dans les termes de Bertillon -, signale chez Bienaymé « une erreur matérielle qui résulte sans doute de ce que [ce] savant juge, très versé dans la connaissance des ouvrages de théorie, ne connaît que bien peu ceux des statisticiens qui, en très grand nombre, ont appelé mortalité le rapport des décès à la population qui les ont [sic] fourni [sic] : $D_{n...n+1}/P_{n...n+1}$ ». Le médecin invoque

1 Les données de ces recensements (T01 et T03 à T07) sont disponibles sur <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2653233?sommaire=2591397>.

« deux maîtres incontestés », Quetelet et Farr, pointant au passage que ces deux savants « ont l'avantage d'être statisticiens expérimentés non moins que savants mathématiciens » (p. 245). Il précise que même s'il hésite « à voir dans ce rapport $[D_{n...n+1}/P_{n...n+1}]$ la vraie mesure des sévices de la mort », dans la plupart des cas, c'est « le seul fait direct observable [...] donc la base nécessaire dont il faut partir » (p. 247), lorsqu'on ne dispose pas d'une répartition par âges de la population. Bertillon rappelle qu'il a soigneusement distingué quotient de mortalité, qu'il nommait « dîme mortuaire » ou encore « coefficient de survie », et taux brut, à savoir « mortalité » (Bertillon 1866, p. 50-58 ; 1875, p. 734). Cela établi, le médecin résume très clairement sa position : « jusqu'à ce jour, d'après la manière dont se font les dénombrements, c'est $P_{n...n+1}$ qui est connu, et non S_n » qu'il faut donc calculer. Mais, « d'après des hypothèses plus ou moins exactes », le « rapport fondamental $D_{n...n+1}/P_{n...n+1}$ doit être pris en considération et conserver l'appellation de « mortalité de l'âge n à l'âge $n+1$, tandis que le rapport $D_{n...n+1}/S_n$ restera la probabilité de mort ».

Un même souci de précision conceptuelle commande les réflexions du médecin quant à l'objet principal de ses travaux : « un recensement par âge ne saurait être qualifié de table [...] La même observation s'applique à la mortuaire résultant du dépouillement des registres de l'état civil ». L'auteur recommande alors de donner « le nom de listes, [réservant] le nom de tables à celles qui résultent du calcul saisissant l'instant de repos relatif au milieu de la mobilité incessante des mouvements de P [la population] déterminant les coefficients de ces mouvements propres à cet instant [...] et les appliquant ensuite à une population fictive que l'on suppose soumise, de la naissance à la mort, à ces seuls et mêmes coefficients, et soustraite pendant tout un siècle à toute autre perturbation » (1865h, p. 1645). C'est la définition même d'une table de mortalité du moment.

Tables comparées

Les comparaisons de tables quant à la survie médiane et à la survie moyenne étant abondantes au XIX^e siècle et bien connues (Bienaymé, 1837 et 1854 ; Demonferrand, 1838 ; Cournot, 1843 ; Quetelet, 1851, 1853 et 1872 ; Beauvisage, 1867 ; Farr, 1885 ; Levasseur 1887), il m'a paru plus intéressant de confronter les résultats de Bertillon à ceux de ses collègues sous le rapport du calcul de la valeur d'achat d'une rente viagère selon l'âge du contractant et, pour les tables du XIX^e siècle, selon le sexe de l'acheteur(euse). Cette valeur d'achat donne en effet une indication sur la caractéristique de la table qui en permet l'estimation et est évidemment fortement corrélée à la durée moyenne de vie espérée. Toutefois, je commencerai par mentionner en passant un autre type d'étalonnage.

Dans l'Addition (1760) à son Essai de 1746, Deparcieux publie trois tables consacrées à l'estimation des rentes dites "augmentantes", à savoir celles que le rentier obtient si, à la fin de chaque année, il ne touche pas la rente qui lui est due

mais la constitue en viager comme un nouveau fonds. Les rentes croissent ainsi suivant une progression exponentielle, et Deparcieux fait observer que les autorités montreraient de la prudence en ne permettant l'augmentation de la rente que jusqu'aux âges de 75 ou 80 ans, ce qui est déjà beaucoup. Partant de cette remarque, j'ai examiné l'inverse du quotient de mortalité à ces âges dans différentes tables, caractéristique de leur ordre de mortalité et de leur bonne ou mauvaise adéquation à un système d'assurances. Par exemple, chez les tontiniers étudiés par Deparcieux (1746), 1 rentier sur 11 décède à 75 ans et 1 sur 7 à l'âge de 80 ans. C'est un niveau de mortalité moyen à l'époque pour des personnes "choisies" [dont la mortalité est particulière] (tableau 1). Les mortalités les plus fortes se trouvent dans les tables qui ne sont pas construites à partir de semblables personnes, avec l'exception, bien connue des démographes historiens, de la mortalité générale suédoise, inférieure à la moyenne du tableau qui est de 1 décès sur 10,09 individus à 75 ans et de 1 pour 6,71 à 80 ans. On remarquera également que la différence entre "choisis" et "non-choisis" tend à disparaître à l'âge de 80 ans.

Tableau 1. Inverse du quotient de mortalité aux âges de 75 et 80 ans dans différentes tables du XVIII^e siècle

Âge	Halley	Simpson	Kersseboom	Deparcieux	Süssmilch	Wargentini	Duvillard
75	8,8	8	11,67	11,1	8	13	8,62
80	5,86	4,25	7,69	6,94	6,4	9,14	5,88

Edmund Halley : Allemagne, Breslau, Listes mortuaires, 1687-1691.

Thomas Simpson : Angleterre, Londres, Bills of mortality, 1662-1742.

Willem Kersseboom : Amsterdam, Registres de rentes, 1672-1674, 1688 et 1689.

Johann Peter Süssmilch, Listes mortuaires compilées de différentes sources, première moitié du XVIII^e siècle.

Pehr Wargentini : Suède, Institut des Tables (Tabell-Verket), 1755-1757, 1758-1760, 1761-1763.

Emmanuel-Etienne Duvillard : France, Listes de près de 3 millions d'individus, "avant la Révolution".

Au XIX^e siècle, on constate, sans surprise, une relative uniformisation des données (tableau 2). La moyenne est de 1 décès pour 10 personnes à 75 ans et de 1 pour 7,15 à 80 ans, sexes confondus. Elle n'est guère différente de ce qui est obtenu au siècle précédent. Mais, en ôtant les populations choisies du XVIII^e siècle, les moyennes deviennent de 1 décès pour 9,45 personnes à 75 ans et de 1 pour 6,41 à 80 ans, en tenant compte du poids de la Suède qui remonte évidemment cette moyenne. Quoi qu'il en soit, la mortalité aux grands âges a quelque peu baissé d'un siècle à l'autre. A titre de comparaison, la table 2012-2016 de l'INSEE donne des moyennes de 1 décès pour 43,92 personnes à 75 ans et de 1 pour 21,81 à 80 ans, sexes confondus. La baisse du niveau moyen de la mortalité est cette fois tout à fait significative.

Tableau 2. Inverse du quotient de mortalité aux âges de 75 et 80 ans et par sexe dans différentes tables de survie du XIX^e siècle

Auteur	H 75 ans	F 75 ans	H 80 ans	F 80 ans
Farr	11,86	12,14	6,83	8,17
Demonferrand	8,54	8,99	6,97	6,89
Quetelet	10	8,7	7,5	7,5
France 1860	9,85	10,86	6,77	7,5
Berg	9,14	9,3	6	6,86
Bertillon	10	10,63	7	7,83
MOYENNE	9,90	10,10	6,85	7,46

William Farr : Angleterre. Recensements 1841-1851, décès 1838-1854.

Jean-Firmin Demonferrand : France. État civil 1817-1832, recensements 1821, 1831, 1836, listes de conscription 1815-1831.

Adolphe Quetelet : Belgique. Recensement 1846.

France 1860 : recensements de 1851 et 1856¹.

Fredrik Theodor Berg : Suède. Données du Bureau central de statistique, 1861-1870.

Louis-Adolphe Bertillon : France. État civil 1856-1865, recensements 1851, 1856, 1861.

En proposant quelques considérations fondées sur l'estimation de la valeur d'achat des rentes viagères, je reprends pour l'essentiel des remarques effectuées par les actuaires du XIX^e siècle. Afin de simplifier l'accès à cette rapide vue d'ensemble, je ne prends en compte que les tables qui me paraissent les plus significatives. Ainsi, pour le XVIII^e siècle, je choisis Halley (1693), Deparcieux (1746) et Wargentin (1766), les données utilisées par ces auteurs étant de nature différente. Halley se fonde sur des données fiables mais circonscrites à une ville pour laquelle il faut les plier à une hypothèse forte de stationnarité. Deparcieux utilise des données également fiables mais décrivant une population de tontiniers, personnes supposées avoir une plus grande durée espérée de vie. Enfin Wargentin utilise des données très fiables provenant de registres bien tenus et soigneusement dépouillés, relatives à un pays entier, donc à une population générale. Pour le XIX^e siècle j'utilise cinq tables parmi les six répertoriées et décrites ci-dessus. Le tableau 3 présente ainsi deux indicateurs pour huit tables des XVIII^e et XIX^e siècles. Il montre la valeur d'achat d'une rente viagère annuelle (VA) d'une unité de monnaie à trois âges 1 an, 20 ans et 50 ans, et par sexe pour les tables du XIX^e siècle. Le taux d'intérêt est toujours de 6 %. J'ai joint, à titre indicatif, la durée de vie moyenne espérée (VM). La moyenne 1 est celle des valeurs du XVIII^e siècle, la moyenne 2 correspond aux données masculines et la moyenne 3 aux données féminines du XIX^e siècle. Les distributions étant grosso modo normales, j'ai calculé la valeur de l'écart-type. Ainsi, les valeurs inférieures ou supérieures de plus d'un écart-type à la moyenne sont indiquées en caractères gras. On notera que, au XVII^e siècle et comme attendu, les tables de Halley et de Deparcieux présentent des

¹ Voir Vallin et Meslé, 1989 et 2001.

valeurs inférieures à un écart-type pour la première, supérieures à un écart-type pour la seconde. Les valeurs chez Wargentin sont proches de la moyenne. Dans le tableau 3, le premier âge est de 3 ans chez Deparcieux, âge auquel cet auteur commence sa liste des tontiniers. VA est en livres chez Halley, Deparcieux et Farr, en francs chez Bertillon, en francs belges chez Quetelet et en Thaler chez Wargentin et Berg (la couronne n'entrant en vigueur qu'en 1873 en Suède). Cette valeur est celle de la somme que l'acheteur(euse) doit céder pour toucher chaque année 1 unité de monnaie de rente jusqu'à son décès. VM est exprimée en nombres décimaux d'années.

Tableau 3. Valeur d'achat d'une rente de 1 unité et durée de vie moyenne espérée à 1, 20 et 50 ans dans 8 tables des XVIII^e et XIX^e siècles

Tables	1 an		20 ans		50 ans	
	VA	VM	VA	VM	VA	VM
Halley	10,28	33,9	12,77	35,3	9,27	19,3
Deparcieux	13,39	48,2	13,54	40,7	10,37	20,9
Wargentin	11,30	39,6	13,23	38,1	10,16	20,0
Farr H	12,90	47,2	13,55	39,9	10,09	20,0
Farr F	12,92	47,8	13,59	40,8	10,51	21,3
Quetelet H	11,26	38,9	12,89	37,3	10,19	20,3
Quetelet F	12,54	45,2	13,44	39,5	10,08	19,9
France 1860 H	13,32	50,0	13,75	41,6	10,38	20,7
France 1860 F	13,21	49,9	13,84	42,4	10,64	21,5
Berg H	13,52	48,8	13,62	39,0	9,64	18,6
Berg F	13,81	52,5	14,09	42,6	10,38	20,6
Bertillon H	13,11	49,0	13,73	41,5	10,39	20,7
Bertillon F	13,10	49,2	13,74	41,9	10,60	21,3
MOYENNE 1	11,66	40,6	13,18	38	9,93	20,1
MOYENNE 2	12,82	46,8	13,51	39,9	10,14	20,1
MOYENNE 3	13,12	48,9	13,74	41,4	10,44	20,9

Exemple de lecture : une femme âgée de 20 ans doit céder une somme de 13,74 Fr. pour toucher une rente annuelle de 1 Fr. jusqu'à son décès. Elle peut espérer atteindre l'âge d'au moins 61 ans et 11 mois, et donc toucher au moins 41,9 Fr., ou encore au moins 4 190 Fr. pour un achat de 1 374 Fr (qui correspondrait à une rente annuelle de 100 F).

VA dépend de l'âge du contractant, de sa probabilité de survie et du taux d'intérêt, et propose un indice sur la force de mortalité dans une table donnée. Une VA plus élevée à un âge donné qu'à un autre correspond à une moindre force de mortalité à cet âge qu'à l'autre. En effet, VA est directement proportionnelle à la probabilité de survie et donc inversement proportionnelle à la force de mortalité. Puisque VA diminue avec l'âge, la probabilité de survie est de moins en moins élevée et la force de mortalité de plus en plus grande, exception faite des premiers âges dépendant d'une forte mortalité infantile à ces époques.

Parmi les 30 valeurs masculines des cinq tables du XIX^e siècle, 20 % sont inférieures de plus d'un écart-type à la moyenne, chez Quetelet à 1 et 20 ans puis chez Berg à 50 ans. La force de mortalité est ainsi nettement plus élevée chez les jeunes

garçons belges et chez les hommes de 50 ans en Suède au milieu du XIX^e siècle. Les hommes anglais et français se situent à tous âges dans l'intervalle d'un écart type et peuvent être considérés comme subissant une force de mortalité proche de la moyenne.

Chez les femmes, 27 % des valeurs s'écartent significativement de la moyenne, chez Quetelet à tous âges et chez Berg à 1 an, mais avec cette différence que les valeurs chez Quetelet se situent à moins d'un écart-type par rapport à la moyenne tandis que les valeurs chez Berg se situent à plus d'un écart-type. Les bébés et jeunes filles belges confirment le résultat obtenu chez les hommes : s'y ajoute une force de mortalité élevée également chez les femmes de 50 ans. En revanche, les bébés suédois subissent une force de mortalité inférieure à la moyenne : on retrouve l'exception suédoise constatée au XVIII^e siècle. Les résultats en Angleterre et en France sont proches de la moyenne.

En considérant ensemble les données pour les hommes et pour les femmes, le mode de VA se situe chez les jeunes filles suédoises aux âges de 1 et 20 ans, et chez les femmes françaises de 50 ans : la VA chez ces dernières est tout près d'être supérieure d'un écart type à la moyenne. Les valeurs les plus faibles de VA se trouvent chez les hommes belges à 1 et 20 ans et chez les hommes suédois de 50 ans, ces derniers se distinguant ainsi significativement de leurs compatriotes féminines.

En France, jusqu'en 1851, l'âge d'un individu figure sur les listes nominatives mais aucune répartition par âge n'est publiée. Bertillon dispose donc, pour construire sa table (1840-1859) d'une répartition complète par sexe et année d'âge dans les recensements qu'il a utilisés, à savoir ceux de 1851 et 1856. C'est pourquoi Levasseur souligne que le médecin fut en mesure de dresser « la meilleure table que nous possédions pour la survie générale de la population française » (Levasseur, 1887, p. 73). A partir du tableau 3, on pourra constater que les données, sexes confondus, de la table construite par le médecin sont toujours proches de la moyenne, et, ce qui est caractéristique, que pour les deux indicateurs et les trois âges, les valeurs de sa table sont toujours supérieures : la force de mortalité décrite par cette table est donc un peu moins élevée que la force moyenne des autres tables. Si, comme l'affirme le médecin, avec sa table élaborée à partir des données du recensement « on ne peut approcher plus près de la vérité » (1866b, p. 64), ces chiffres reflètent alors assez fidèlement un état de la mortalité en France au milieu du XIX^e siècle. Les conclusions sont identiques pour les mêmes indicateurs à 60 ans (calculés mais non représentés). Il est loisible de classer la table de Bertillon parmi les "tables à mortalité lente", contrairement à celle de Quetelet, par exemple.

J'ai calculé, sans les présenter par souci de simplification, VA et VM pour la Caisse Lafarge¹. Conformément à l'hypothèse de moindre force de mortalité chez les

1 La Caisse a connu deux souscriptions, la première du 1er avril 1791 au 1er avril 1792 et la seconde du 1er octobre 1792 au 30 septembre 1793. Environ 639 622 actions ont été émises et placées sur 116 403 têtes environ. Vingt tontiniers moururent centaines dont

tontiniers, les valeurs sont plus élevées à tous âges chez les souscripteurs Lafarge. L'exception suédoise ne joue pas dans ce cas : la table de Berg donne des valeurs toujours inférieures à celles des tontiniers Lafarge, en rappelant que les hommes suédois de 50 ans se distinguent par les valeurs les plus basses des cinq tables. En revanche, la table de Duvillard (calculée mais non représentée) offre les valeurs les moins élevées à tous âges avec de très grands écarts. Il s'agit d'une population plus ancienne que celles que décrivent Farr, Berg et Bertillon, ce qui explique sans doute sa force de mortalité plus élevée. Chez Duvillard, VM à la naissance est de 28 années et 9 mois, ce qui est typique d'une table compilant des données qui appartiennent encore au XVIII^e siècle.

Bertillon, comme ses contemporains en la matière, hérite du résultat de la lente élaboration du concept d'"ordre de la mortalité", fondement de la construction des tables – de survie aux XVII^e et XVIII^e siècles ou de mortalité au XIX^e –, sources elles-mêmes de l'expression mathématique d'une « loi de mortalité » chez Lambert (1772) puis Gompertz (1825) et Makeham (1860). Or, si Beauvisage, Demonferrand, Cournot, Bienaymé et Quetelet parlent de "loi de mortalité", il est significatif que Bertillon, partageant la méfiance de Guillard à cet égard, n'utilise pas, à ma connaissance, cette expression telle quelle, même s'il en comprend et discute le concept. Dans l'article « mortalité » du Dictionnaire encyclopédique, le médecin utilise trois fois (1875c, p. 751, 762 et 764) le terme de « loi » dans son rapport avec la mortalité. A propos des nouveau-nés, il montre que l'estimation de cette « population infantine » dépend de trois facteurs : le nombre annuel des naissances, celui des décès de 0 à 1 an et « la loi qui préside à ces extinctions plus ou moins rapides ». Mais, selon lui, ce troisième facteur « ne peut être déterminé qu'empiriquement et approximativement » (p. 751). Plus loin, traitant de la mortalité par sexe, Bertillon rappelle que, « après le premier âge de la vie, il ne paraît plus y avoir de loi générale » régissant la mortalité respective de chaque sexe à chaque âge. Il est toutefois loisible de rechercher cette « loi de décroissance et de croissance de la mortalité dans la succession des âges ». Déterminer cette loi « par une ou plusieurs formules algébriques ou numériques », ou en fixer à l'aide d'une courbe « les points singuliers (soit les âges où la mortalité décroissante devient croissante, soit encore les âges où le mouvement s'accélère) », ce sont, écrit le médecin, « des problèmes dont la solution exigerait, au point de vue des âges, des données plus précises que celles que nous avons aujourd'hui » (p. 762 et 764). Ainsi, même si les solutions mathématiques existent évidemment (détermination des points d'inflexion, calcul des dérivées), c'est par manque de données qu'elles ne peuvent donner entière satisfaction. Bertillon ne considère donc pas comme valides les tentatives de Lambert ou de Gompertz

un à plus de 106 ans ; le dernier décéda le 14 septembre 1888. Plus de détails sont disponibles dans Thuillier (1999). La table se trouve dans Beauvisage (1867, section des tableaux, tableau A, p. 2-9).

d'établir une « loi de mortalité », concept dont il se méfie au nom d'un empirisme radical. Lorsqu'il parle d'une « loi de succession » des nombres que l'on trouve dans un recensement par âge, le médecin pose immédiatement que cette loi ne saurait régir une table de population ou de mortalité puisque cette succession « est brisée par maintes aventures » (Bertillon 1863, p. 1645). Je note enfin que Bertillon n'emploie pas le mot « loi » dans l'important article de 1866 (1866b).

La table élaborée par Bertillon, même si elle innove en France de par sa construction à partir des données de recensements, n'offre guère, quant aux indicateurs présentés ici, de différences notables avec les autres tables qui lui sont contemporaines. On notera aussi que le docteur Bertillon, en médecin militant se souciant de la santé publique, ne voue ses recherches – les textes cités et commentés dans le présent ouvrage témoignent de leur degré d'approfondissement – qu'à la possibilité de déterminer la distribution et l'influence des causes de décès afin d'améliorer la condition humaine. C'est là également une forme d'originalité : ses prédécesseurs et contemporains, souvent plus tournés vers la formalisation mathématique, visent plutôt des objectifs de type actuariel.

Enfin, Bertillon, dans la réponse à Bienaymé que j'ai évoquée ci-dessus (1877i), précise sa conception de la statistique présidant à l'élaboration de la table de mortalité telle qu'il l'entend. Il conclut cette réponse en affirmant « que si les hautes mathématiques et notamment le calcul des probabilités projettent sur les travaux des statisticiens une lumière dont ils ne sauraient s'affranchir sans risque de s'égarer », il n'en demeure pas moins que « la plus haute science mathématique ne suffit pas pour avoir une notion exacte des besoins et des ressources de la statistique appliquée aux sciences sociales ». La formule finale est frappée au coin de la maxime : « il ne suffit pas d'être mathématicien, il faut être aussi statisticien » (p. 251). C'est bien la profession de foi d'un empiriste convaincu qui se méfie de l'abstraction et de la conjecture tous azimuts. Peut-être est-ce là également la lointaine origine du clivage qui finira par régner pendant une bonne partie du XX^e siècle dans les sciences de la population entre l'analyse démographique stricto sensu et la théorie des probabilités.

REFERENCES

BEAUVISAGE Ernest, *Des tables de mortalité et de leur application aux assurances sur la vie (rentes viagères et capitaux payables au décès). Avec une nouvelle table de mortalité dressée d'après les décès constatés dans la Tontine Lafarge, et la traduction des lois anglaises de 1853 et de 1864 sur les assurances et les rentes viagères de l'Etat*. Paris, Gauthier-Villars, 1867.

BERTILLON Louis-Adolphe, *Conclusions statistiques contre les détracteurs de la vaccine précédées d'un Essai sur la méthode statistique appliquée à l'étude de l'homme*. Paris, Victor Masson, 1857.

BERTILLON Louis-Adolphe, « Tables » (1863). *Dictionnaire de médecine, de chirurgie, de pharmacie et des sciences qui s'y rapportent par E. Littré*. 21^e édition, fascicule V. Paris, J.-B. Baillière, 1905, p. 1645-1647.

BERTILLON Louis-Adolphe, « Des diverses manières de mesurer la durée de la vie humaine ». *Journal de la Société de Statistique de Paris*, tome 7, n° 3, 1866, p. 45-64.

BERTILLON Louis-Adolphe, « Mortalité ». *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*. Paris, Asselin et Masson, 1875, 2^e série, tome 9, p. 725-791.

BERTILLON Louis-Adolphe, « Nouvelles observations sur le rapport de M. Bienaymé ». *Journal de la Société de Statistique de Paris*, tome 18, n° 9, 1877, p. 244-251.

BIENAYME Irénée-Jules, « De la Durée de la vie en France depuis le commencement du XIX^e siècle », mémoire présenté à l'Académie des sciences de l'Institut le 2 février 1835, *Annales d'Hygiène publique et de médecine légale*, tome XVIII, 1^{ère} partie, 1837, p. 177-218. Ce Mémoire est reproduit dans *l'Encyclographie des sciences médicales, publiée sous la direction d'une société de médecins*. Tome dix-neuvième (2^{ème} série), juillet 1837. Bruxelles, Etablissement encyclographique, 1837. Section K, *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, p. 58-68.

BIENAYME Irénée-Jules, « Rapport sur le concours pour le prix de Statistique pour l'année 1853 ». *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, Tome trente-huitième, janvier-juin 1854. Séance du 30 janvier 1854, p. 133-146.

BIENAYME Irénée-Jules, « Rapport sur le concours pour le prix de Statistique pour l'année 1876 ». *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, Tome quatre-vingt-quatrième, janvier-juillet 1877. Séance du 23 avril 1877, p. 817-825.

DEMONFERRAND Jean-Firmin, « Essai Sur les lois de la Population et de la Mortalité en France ». *Journal de l'Ecole Royale Polytechnique, publié par le Conseil d'instruction de cet établissement*. Vingt-sixième cahier, tome XVI, 1838, p. 249-309.

DEPARCIEUX Antoine, *Essai sur les probabilités de la durée de la vie humaine, d'où l'on déduit la manière de déterminer les Rentes viagères, tant simples qu'en Tontines : Précédé d'une courte Explication sur les Rentes à terme, ou Annuités...*, Paris, Chez les frères Guérin, 1746. Réédition à l'INED avec l'Addition de 1760 à l'Essai, Paris, 2003.

DEPARCIEUX Antoine, *Addition à l'Essai sur les probabilités de la durée de la vie humaine. Contenant trois Tables qui montrent comment la Rente viagère doit croître ou augmenter, si, au lieu de recevoir la Rente à la fin de chaque année, le Rentier la laisse comme un fonds afin d'avoir une augmentation proportionnée à ce fonds et à l'âge où il arrive d'année en année ; avec quelques Listes ou Ordres de mortalité du genre humain*. Paris, Chez H. L. Guérin et L. F. Delatour, 1760.

DUVILLARD Emmanuel-Etienne, *Annuaire présenté au gouvernement par le Bureau des longitudes pour l'an 1808*. Paris, Imprimerie impériale, 1807.

FARR William, *Vital Statistics: A Memorial Volume of Selections from the Reports and Writings of William Farr, Edited for the Sanitary Institute of Great Britain by Noel A. Humphreys*. London, Offices of the Sanitary Institute & Edward Stanford, 1885.

FOURIER Jean-Baptiste-Joseph, *Recherches statistiques sur la ville de Paris et le département de la Seine, recueil de tableaux dressés et réunis d'après les ordres de Monsieur le comte de Chabrol, conseiller d'Etat, préfet du département*. Paris, C. Ballard, 1821.

GOMPERTZ Benjamin, « On the Nature of the Function expressive of the Law of Human Mortality, and on a new Mode of determining the Value of Life Contingencies. In a Letter to Francis Baily, Esq. F. R. S. &c. ». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 115, 1825, p. 513-583.

GRAUNT John, *Natural and Political Observations Mentioned in a following Index and made upon the Bills of Mortality*. The fifth Edition much Enlarged. London, Printed by John Martyn, 1676 [orig. 1662]. Traduction Eric Vilquin, *Observations naturelles et politiques*. Paris, INED, 1977.

GUILLARD Achille, « Les Sociétés de statistique – Nécessité de constater l'âge des décédés ». *Journal des économistes. Revue de la science économique et des questions agricoles, manufacturières et commerciales*. Tome trente-cinquième, 12^e année, avril à juin 1853, p. 272-274.

GUILLARD Achille, « Eclaircissements sur les tables dites de mortalité ». *Annuaire de l'économie politique et de la statistique, pour 1854, par MM. Joseph Garnier et Guillaumin*. Onzième année, 1854, p. 441-485.

HALLEY Edmund, « An Estimate of the Degrees of the Mortality of Mankind, drawn from curious Tables of the Births and Funerals at the City of Breslaw; with an Attempt to ascertain the Price of Annuities upon Lives » by Mr. E. Halley F. R. S. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 17, 1693, p. 596-610.

HEUSCHLING Xavier, « Résumé du recensement général de la population, de l'agriculture et de l'industrie ». *Bulletin de la Commission centrale de statistique*, Bruxelles, Hayez, 1851, tome IV, p. 145-272.

KERSSEBOOM Willem, *Derde Verhandeling over de probable meenigte des volks in de provintie van Hollandt en Westvrieslandt*. La Haye, Jan van den Bergh, 1742.

LACROIX Sylvestre François, *Traité élémentaire du calcul des probabilités*. Paris, Veuve Courcier, 1816.

LAMBERT Johann Heinrich, « Anmerkungen über die Sterblichkeit, Todtenlisten, Geburthen und Ehen ». *Beyträge zum Gebrauche der Mathematik und deren Anwendung*. Volume 3, section IX. Berlin, Verlag des Buchladens der Realschule, 1772, p. 476-568. Trad. française : Jean-Marc Rohrbasser et Jacques Véron, *J. H. Lambert, Contributions mathématiques à l'étude de la mortalité et de la nuptialité (1765 et 1772)*. Paris, INED, 2006.

LEVASSEUR Emile, « Les tables de survie ». *Journal de la société statistique de Paris*, tome 28, 1887, p. 68-98.

MAKEHAM William Matthew, « On the Law of Mortality and the Construction of Annuity Tables ». *The Assurance Magazine, and Journal of the Institute of Actuaries*, vol. 8, N° 6, 1860, p. 301-310.

MESLÉ France et VALLIN Jacques, « Reconstitution de tables annuelles de mortalité pour la France au XIX^e siècle ». *Population*, vol. 44, n° 6, 1989, p. 1121-1158.

QUETELET Adolphe, « Nouvelles tables de population pour la Belgique ». *Bulletin de la Commission centrale de statistique*, Bruxelles, Hayez, 1851, tome IV, p. 71-92.

QUETELET Adolphe, « Tables de mortalité ». *Dictionnaire de l'économie politique*, tome second, 1854, p. 700-708.

QUETELET Adolphe, *Tables de mortalité et leur développement*. Bruxelles, F. Hayez, 1872.

STRUYCK Nicolas, « Gissingen over de Staat van het menschelyk Geslagt en de Uitrekening der Lyfrenten » dans *Inleiding tot de algemeene geographie, benevens eenige sterrekundige en andere verhandelingen*. Amsterdam, Isaak Tirion, 1740. Traduction française dans *Les Œuvres de Nicolas Struyck (1687-1769) qui se rapportent au calcul des chances, à la statistique générale, à la statistique des décès et aux rentes viagères, tirées des Œuvres complètes, et traduites du hollandais par J. A. Vollgraff*, [offertes aux membres du Septième Congrès international des actuaires, réunis à Amsterdam en septembre 1912 par la Société Générale Néerlandaise d'Assurances sur la vie et de Rentes viagères, établie à Amsterdam, Damrak, 74.] Amsterdam, 1912.

SÜSSMILCH Johann Peter, *Die göttliche Ordnung in den Veränderungen des menschlichen Geschlechts, aus der Geburt, dem Tode und der Fortpflanzung erwiesen von Johann Peter Süßmilch, Königl. Preuß. Oberconsistorialrath, Probst in Cölln, und Mitglied der Königl. Academie der Wissenschaften*. Zwote und ganz umgearbeitete Ausgabe, Berlin, Im Verlag des Buchladens der Realschule, 1761-62, 2 vol.

THUILLIER Guy, *Une ténébreuse affaire : la Caisse Lafarge (1787-1892)*. Paris, Comité d'Histoire de la Sécurité Sociale, 1999.

TURNER Elizabeth L. and HANLEY James A., « Cultural imagery and statistical models of the force of mortality: Addison, Gompertz and Pearson ». *Journal of the Royal Statistical Society*, série A, 173, 4^e partie, 2010, p. 1-17.

VALLIN Jacques et MESLÉ France, *Tables de mortalité françaises pour les XIX^e et XX^e siècles et projections pour le XXI^e siècle*. Paris, INED, Données statistiques n° 4, 2001.

WARGENTIN Pehr, « Mortaliteten i Sverige, i anledning af Tabell-Verket », *Kungl. Svenska Vetenskaps Academiens Handlingar*. Vol. 28, 1766, p. 1-25. Traduction française dans la *Collection académique, composée de l'histoire et des mémoires des plus célèbres académies & sociétés littéraires de l'Europe concernant L'Histoire naturelle, la Physique expérimentale, la Chymie, la Médecine, l'Anatomie, &c.* Tome onzième de la partie étrangère, contenant les mémoires de l'académie des sciences de Stockholm. Paris, Panckoucke, 1772, p. 20-33.