

L'ESPÉRANCE DE VIE : UNE RESSOURCE POUR L'ENSEIGNEMENT

Evelyne LAURENT¹

TITLE

Life expectancy: a resource for teaching

RESUME

L'espérance de vie à la naissance représente la durée de vie moyenne – autrement dit l'âge moyen au décès – d'une génération fictive soumise aux conditions de mortalité de l'année. Indicateur essentiel dans les statistiques démographiques, son évolution est, en France, largement commentée par les médias, car si elle intéresse en premier lieu le démographe et le décideur politique, elle touche également le grand public. Si chacun peut, de façon intuitive et approximative, percevoir la signification de cet indicateur, comprendre la façon précise dont il est calculé nécessite la connaissance de quelques notions de statistique. La maîtrise du calcul de cet indicateur permet d'en appréhender la signification précise et rigoureuse. Nous nous inscrivons ici dans une double perspective : présenter de façon détaillée le mode opératoire du calcul de l'espérance de vie et proposer parallèlement le support pédagogique à des travaux pratiques de statistique.

Mots-clés : enseignement de la statistique, espérance de vie, durée moyenne de vie, quotient de mortalité, taux de mortalité, génération fictive.

ABSTRACT

Life expectancy at birth represents the average lifetime (i.e. the average age at death) of an imaginary generation subject to the mortality patterns of the year in question. The evolution of this key indicator in population statistics is widely commented by the media in France, since it is of interest not only to the demographers and policy maker, but also the general public. Everyone can intuitively grasp the significance of this indicator. However understanding exactly how it is calculated requires knowledge of some statistical concepts. This study focuses on two objectives: it presents in detail the procedure of the life expectancy computation, as well as its precise interpretation and finally proposes a pedagogical support for practical work in statistics.

Keywords: teaching of statistics, life expectancy, average lifetime, death probability, mortality rate, imaginary generation.

1 Introduction

L'espérance de vie à la naissance représente la durée de vie moyenne – autrement dit l'âge moyen au décès – d'une génération fictive soumise aux conditions de mortalité de l'année (Insee). Constituant l'un des principaux indicateurs en matière d'analyse et de projection démographiques, l'espérance de vie participe également à l'évaluation du niveau de développement d'un pays, notamment comme composant de l'indice de développement humain.

Avant d'aborder le calcul de l'espérance de vie, nous présenterons brièvement les indicateurs simples de la mortalité : nombre de décès, taux de mortalité. Quelles sont les caractéristiques de ces indicateurs, leur intérêt et leurs limites ? Cette étape préliminaire nous amènera progressivement à l'étude d'un indicateur synthétique : l'espérance de vie.

¹ CREAM, Université de Rouen, evelyne.laurent@univ-rouen.fr

Le calcul de l'espérance de vie s'effectue à partir des *tables de mortalité*. Après avoir décrit le contenu de celles-ci, nous expliquerons de façon détaillée le mode de calcul de cet indicateur. Nous donnerons également une interprétation précise de la signification de l'espérance de vie (ce qu'elle est mais aussi ce qu'elle n'est pas) et nous proposerons diverses applications pédagogiques. Nous nous situerons ensuite dans une perspective plus descriptive et analytique : comment l'espérance de vie a-t-elle évolué durant ces dernières décennies ? A quoi les risques de décès sont-ils liés ? La recherche de documents, la lecture de tableaux et de graphiques peuvent faire l'objet de séances de travail.

Les enseignants trouveront ainsi matière à des applications pratiques, aussi bien dans le cadre de l'enseignement de la statistique (fin d'études secondaires, 1^{er} cycle universitaire) que dans le cadre de l'enseignement de la démographie, que celui-ci constitue un cours autonome ou qu'il soit intégré dans un autre cours (géographie, sociologie, économie...). Les prérequis sont les connaissances élémentaires de statistique descriptive.

2 Les indicateurs simples de la mortalité

Cet aspect technique de mesure de la mortalité peut donner lieu à diverses applications pédagogiques et permet de faire le parallèle avec la mesure de la fécondité (Laurent, 2013).

2.1 Le nombre de décès

Reprenons à la source les données statistiques. Le nombre de décès sur une période donnée est l'indicateur le plus simple de la mortalité. Prenons l'exemple de l'évolution du nombre annuel de décès en France métropolitaine sur la période 1901-2010 (Figure 1).

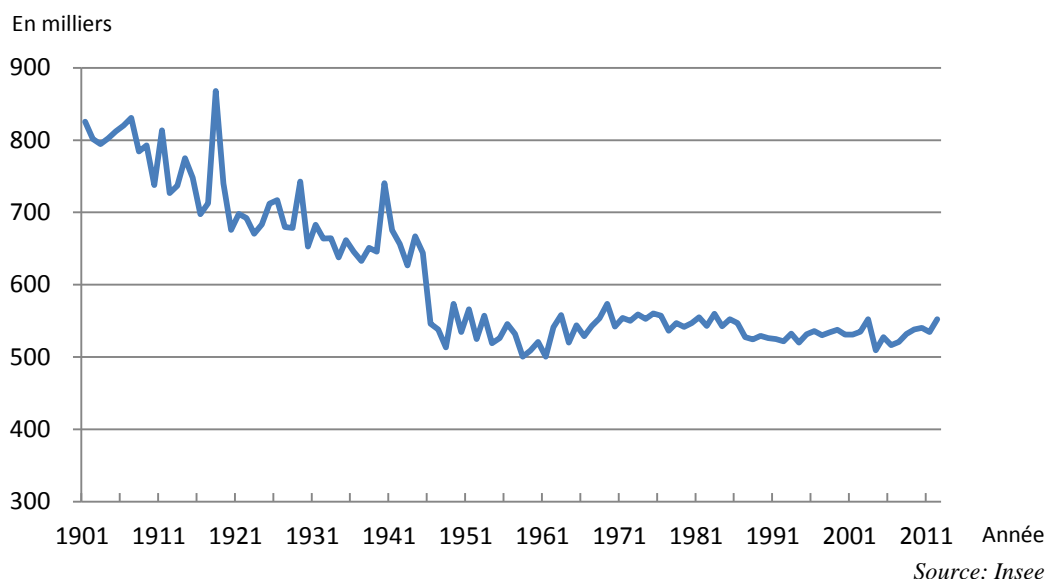


FIGURE 1 - Evolution du nombre de décès en France métropolitaine de 1901 à 2012

http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?ref_id=ir-irsocsd2012&page=irweb/irsocsd2012/dd/irsocsd2012_population.htm
Tableau 1 (France métropolitaine)

Deux caractéristiques se dégagent du graphique : sur la première moitié du siècle, on observe une nette tendance à la baisse du nombre de décès et ce malgré des pics de mortalité liés

E. Laurent

à des situations particulières (guerres, crise économique) suivie d'une relative stabilité, le nombre annuel de décès évoluant entre 500 et 600 000 du milieu du siècle à nos jours. Durant cette même période, la population de la France métropolitaine, si elle reste à peu près stable de 1901 à 1945 (environ 40 millions), connaît en revanche une croissance importante après la deuxième guerre mondiale et atteint 63,5 millions en 2012 (Figure 2).

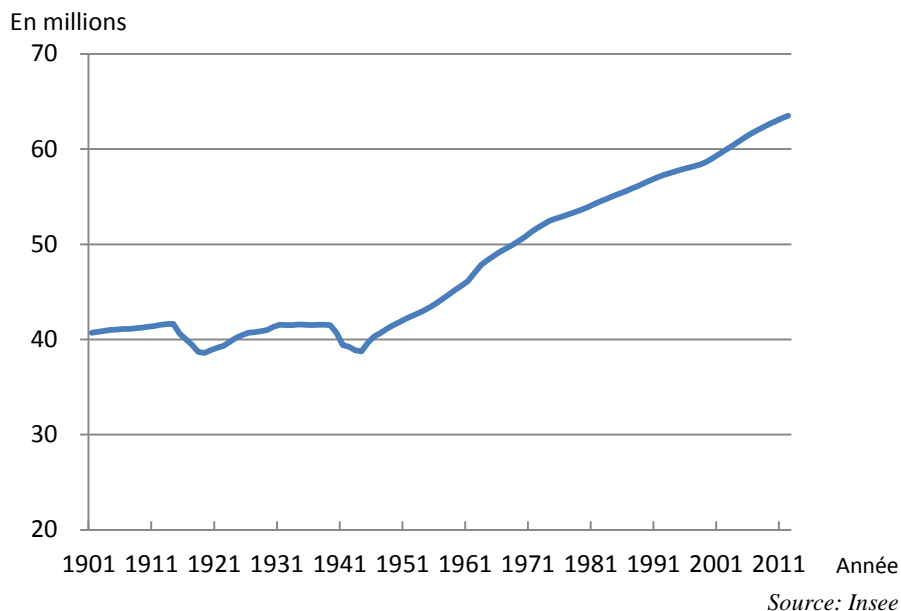


FIGURE 2 : Evolution de la population de la France métropolitaine de 1901 à 2012

http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?ref_id=ir-irsocsd2012&page=irweb/irsocsd2012/dd/irsocsd2012_population.htm

Tableau 1 (France métropolitaine)

Il convient donc, si l'on veut analyser plus finement l'évolution de la mortalité, de neutraliser cet effet de taille en calculant un autre indicateur : le taux de mortalité.

2.2 Le taux de mortalité

Le taux de mortalité est obtenu en rapportant le nombre observé de décès durant une année à la population moyenne de l'année considérée :

$$TM_n = \frac{\text{Nombre de décès pour l'année } n}{\text{Population au milieu de l'année } n}$$

Le taux de mortalité en France métropolitaine passe ainsi de 20,3‰ en 1901 à 12,8‰ en 1950 et à 8,8‰ en 2012. Le graphique représentant l'évolution de ce taux depuis 1901 (Figure 3) met nettement en évidence le fait que la tendance à la baisse de la mortalité s'observe sur toute la période (en faisant naturellement abstraction des pics de mortalité liés à des situations exceptionnelles), même si cette baisse est moins accentuée depuis le milieu du 20^e siècle. Le calcul de ce taux permet de relativiser des données brutes.

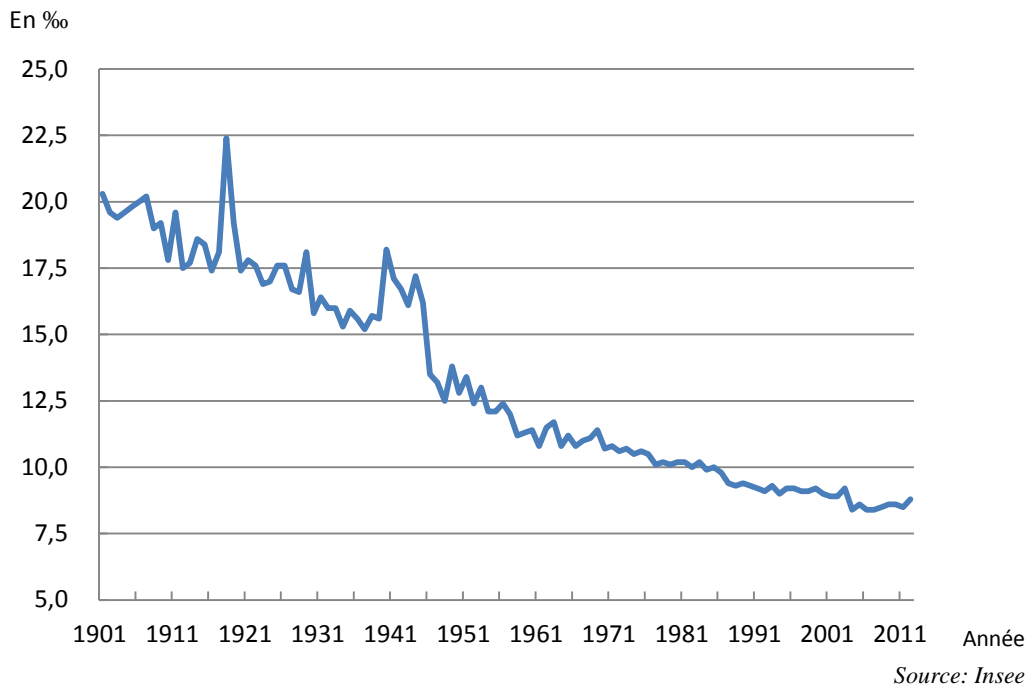
L'espérance de vie : une ressource pour l'enseignement

FIGURE 3 - Evolution du taux de mortalité en France métropolitaine de 1901 à 2012

http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?ref_id=ir-irsocsd2012&page=irweb/irsocsd2012/dd/irsocsd2012_population.htm

Tableau 1 (France métropolitaine)

Le taux de mortalité est simple à calculer et facile à interpréter. Il reflète l'ampleur de la mortalité dans une population donnée. Cependant, cet indicateur ne permet pas de décrire les disparités entre pays ni l'évolution des risques de décès dans les pays développés. En effet le taux de mortalité est fortement influencé par la structure par âge de la population, le risque de décès augmentant avec l'âge (cf infra). Par conséquent, dans des conditions alimentaires et sanitaires semblables, une population où la proportion de personnes âgées est importante connaîtra un taux de mortalité plus élevé qu'une population jeune. Pour pouvoir effectuer des comparaisons pertinentes dans le temps ou l'espace, il convient de s'affranchir de cet effet de structure.

On peut, dans cette optique, calculer des taux comparatifs (ou standardisés) de mortalité. Ceux-ci sont obtenus à partir des taux observés de mortalité par âge (ou par classes d'âge) auxquels on applique une même pondération (i.e. la même structure par âges d'une population de référence) afin d'en déduire un taux global de mortalité. Comme le montre l'étude effectuée par A. Nizard (1997), les résultats ne manquent pas d'intérêt, mais une telle démarche, parfaitement envisageable pour des études ponctuelles, est difficilement applicable à grande échelle au niveau international.

Pour pouvoir effectuer aisément des comparaisons pertinentes dans le temps ou dans l'espace, il convient d'utiliser un indicateur *synthétique* de la mortalité, neutralisant les effets de taille et de structure. L'espérance de vie répond à ces exigences.

3 L'espérance de vie : construction de l'indicateur

Les données statistiques utilisées pour le calcul de l'espérance de vie figurent dans les tables de mortalité dites du moment. Nous présenterons d'abord ces tables avant d'expliquer de façon détaillée le calcul de l'espérance de vie ainsi que sa signification.

3.1 Quotients et tables de mortalité

Les tables de mortalité contiennent les quotients de mortalité par âge observés sur une période donnée². Le quotient de mortalité à l'âge x correspond à la fréquence des décès à l'âge x parmi les individus ayant atteint cet âge x , ceci pendant la période d'observation. Le quotient de mortalité à l'âge x peut aussi être interprété comme une estimation de la probabilité, pour un individu ayant atteint l'âge x , de décéder à l'âge x (donc avant d'avoir atteint l'âge $x + 1$). En appliquant ensuite ces quotients de mortalité à une génération fictive de, par exemple, 100 000 individus³ (soit $S_0 = 100\ 000$), on obtient le nombre de survivants à chaque âge.

TABLEAU 1 - Table de mortalité des années 2010-2012 en France métropolitaine (extraits)

	Sexe masculin			Sexe féminin			Ensemble		
	S_x (*)	Q_x (**)	E_x (***)	S_x (*)	Q_x (**)	E_x (***)	S_x (*)	Q_x (**)	E_x (***)
0	100 000	372	78,33	100 000	311	84,85	100 000	342	81,51
1	99 628	30	77,62	99 689	26	84,11	99 658	28	80,79
2	99 599	19	76,64	99 663	15	83,13	99 630	17	79,81
3	99 580	14	75,66	99 648	12	82,14	99 613	13	78,82
4	99 566	11	74,67	99 637	8	81,15	99 601	9	77,83
....
60	88 273	1 034	22,56	94 310	441	27,23	91 219	735	24,92
61	87 360	1 099	21,79	93 894	472	26,34	90 549	781	24,10
62	86 400	1 143	21,03	93 452	503	25,47	89 841	818	23,28
63	85 413	1 220	20,27	92 981	530	24,59	89 106	869	22,47
....

Source : Insee

- (*) S_x : survivants à l'âge x (ou personnes ayant atteint l'âge x),
- (**) Q_x : quotients de mortalité pour 100 000 survivants à l'âge x ,
- (***) E_x : espérance de vie à l'âge x .

http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg_id=0&ref_id=ir-irsocsd2012&page=irweb/irsocsd2012/dd/irsocsd2012_mortalite.htm tableau 68

A titre d'illustration référons-nous, dans le tableau 1, à la colonne des quotients de mortalité des individus de sexe masculin. La première valeur 372 p. 100 000, Q_0 , signifie que sur 100 000 nouveau-nés de sexe masculin, 372 sont décédés durant leur première année de vie, soit à l'âge de 0 an. Par conséquent le nombre de survivants à 1 an, S_1 , est égal à 99 628 (100 000 – 372). Plus bas dans la même colonne, sur 88 273 hommes ayant atteint l'âge de 60 ans, 1 034 p. 100 000 d'entre eux, soit 913 individus, sont décédés à l'âge de 60 ans, par conséquent il reste 87 360 survivants (88 273 – 913) à l'âge de 61 ans. D'une façon générale les

² La période retenue par l'Insee est de trois années, afin d'éviter les aléas des tables annuelles (comme par exemple la canicule de l'été 2003 ayant entraîné une mortalité anormalement élevée).

³ Ce nombre constitue la racine de la table.

L'espérance de vie : une ressource pour l'enseignement

survivants à l'âge x , c'est-à-dire les personnes ayant atteint l'âge x , se répartissent en deux catégories : ceux qui atteindront l'âge $x+1$ ($= S_{x+1}$) et ceux qui décéderont à l'âge x (D_x).

Voyons maintenant comment sont obtenues les valeurs des colonnes de l'espérance E_x .

3.2 Calcul de l'espérance de vie

Afin de simplifier la présentation, nous utiliserons des données fictives simples relatives à une population imaginaire dont la durée de vie n'excède pas 10 ans.

En appliquant les quotients de mortalité Q_x observés à un moment donné à une population de 100 individus, nous pouvons établir conjointement les valeurs de S_x et de D_x , nombres respectifs de survivants et de décès à l'âge x .

TABLEAU 2 - Table de mortalité du moment d'une population imaginaire

Age x	Q_x quotient de mortalité à l'âge x (en %)	S_x nombre de survivants à l'âge x	D_x nombre de décès à l'âge x	E_x espérance de vie à l'âge x
0	10,0	100	10	6,91
1	11,0	90	1	6,62
2	2,2	89	2	5,69
3	3,4	87	3	4,81
4	3,6	84	3	3,96
5	6,2	81	5	3,09
6	14,5	76	11	2,26
7	27,7	65	18	1,56
8	57,4	47	27	0,97
9	90,0	20	18	0,60
10	100,0	2	2	0,50
11		0		
			$\Sigma = 100$	

En faisant l'hypothèse d'uniformité de la distribution des décès entre l'âge x et l'âge $x+1$, un individu mourant à 0 an vit en moyenne 0,5 an, un individu mourant à 7 ans vit en moyenne 7,5 ans. L'espérance de vie à la naissance de cette génération, notée E_0 , est donc :

$$E_0 = \frac{\sum_{x=0}^{x=\omega} D_x (x+0,5)}{\sum_{x=0}^{x=\omega} D_x} = \frac{\sum_{x=0}^{x=\omega} D_x x}{\sum_{x=0}^{x=\omega} D_x} + 0,5 = 6,91 \text{ ans}$$

avec $\omega = \hat{\text{âge maximal atteint par les individus}}$.

Si l'on dispose de la répartition des D_x , il est aisé d'appliquer cette formule. Pour calculer de façon simple et rapide l'espérance de vie à partir des tables de mortalité (donc à partir des Q_x) sans calculer les D_x , on peut transformer la formule de l'espérance de vie de la façon suivante :

E. Laurent

Comme $D_x = S_x - S_{x+1}$ et $\sum_{x=0}^{x=\omega} D_x = S_0$ on peut écrire :

$$E_0 = \frac{\sum_{x=0}^{x=\omega} (S_x - S_{x+1})x}{S_0} + 0,5$$

En développant et en simplifiant on obtient :

$$E_0 = \frac{\sum_{x=1}^{x=\omega} S_x}{S_0} + 0,5$$

D'une façon plus générale, l'espérance de vie à l'âge x représente le nombre moyen d'années restant à vivre aux individus ayant atteint l'âge x , et ce dans les conditions de mortalité du moment. L'espérance de vie à la naissance est un cas particulier d'espérance de vie à l'âge x où x est égal à 0. Pour calculer l'espérance de vie à un âge a quelconque, on utilisera la formule :

$$E_a = \frac{\sum_{x=a}^{x=\omega} D_x (x-a+0,5)}{\sum_{x=a}^{x=\omega} D_x} = \frac{\sum_{x=a}^{x=\omega} D_x (x-a)}{\sum_{x=a}^{x=\omega} D_x} + 0,5$$

En effectuant les mêmes transformations que précédemment, on obtient :

$$E_a = \frac{\sum_{x=a+1}^{x=\omega+1} S_x}{S_a} + 0,5$$

C'est la formule générale permettant d'obtenir les valeurs de l'espérance que nous avons notées dans la dernière colonne du tableau précédent. Par exemple $E_7 = 1,56$ an. Les individus ayant atteint l'âge de 7 ans vivront encore en moyenne 1,56 an si les conditions de mortalité du moment ne varient pas.

4 Signification et interprétation de l'espérance de vie

4.1 Espérance de vie et durée moyenne de vie

L'espérance de vie est un indice synthétique qui représente, comme nous l'avons déjà indiqué, la durée de vie moyenne d'une génération fictive dans les conditions de mortalité du moment. Les espérances de vie à la naissance de 78,33 ans pour les hommes et de 84,85 ans pour les femmes du tableau 1 signifient précisément qu'une génération fictive qui connaîtrait tout au long de sa vie les conditions de mortalité observées en France métropolitaine durant la période 2010-2012 vivrait en moyenne 78,33 ans pour sa composante masculine et 84,85 ans pour sa composante féminine. Ce calcul relève d'une *approche transversale*, c'est-à-dire qu'il reflète les conditions de mortalité du moment (une année ou une période de quelques années).

L'espérance de vie : une ressource pour l'enseignement

Il prend en compte des données relatives à différentes générations (les individus d'âges différents décédant une même année sont nécessairement de générations différentes).

L'espérance de vie doit ainsi être distinguée de la durée moyenne de vie des individus d'une génération donnée, indicateur dont le calcul s'effectue à partir des tables où figurent les quotients de mortalité observés pour la génération concernée. Ces *tables de mortalité d'une génération* sont remplies année après année, tout au long du déroulement de la vie des individus de cette cohorte, les quotients de mortalité à l'âge $x + 1$ étant nécessairement calculés un an après ceux de l'âge x . La durée moyenne de vie des individus d'une génération ne peut être établie qu'une fois éteinte cette génération. On pratique dans ce cas une *approche longitudinale*.

Pour illustrer la différence entre l'approche transversale et l'approche longitudinale, il est commode d'utiliser un outil graphique traditionnel de l'analyse démographique : le diagramme de Lexis.

Dans un repère à deux dimensions où l'on fait figurer le temps en abscisse et l'âge des individus en ordonnée, le diagramme de Lexis⁴ se présente comme suit :

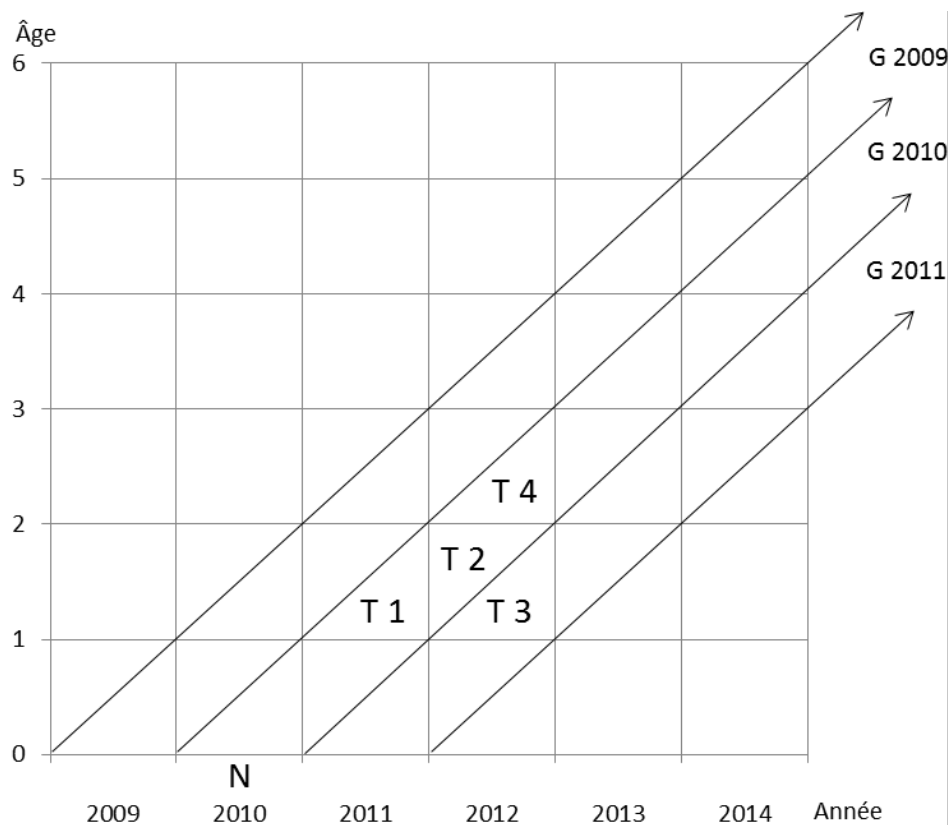


FIGURE 4 – *Le diagramme de Lexis(1)*

Trois bandes figurent dans le repère :

- Les bandes verticales permettent de repérer la période sélectionnée, généralement l'année : nous avons indiqué ici six années de 2009 à 2014.

⁴ Du nom du mathématicien allemand Wilhelm Lexis (1837-1914). Il existe plusieurs versions du diagramme de Lexis. Nous présentons ici celle habituellement utilisée par les démographes, proposée par R. Pressat (1985).

E. Laurent

- Les bandes horizontales correspondent aux différents groupes d'âge : entre 0 et 1 an (1^{ère} bande horizontale en partant du bas), entre 1 et 2 ans, etc.
- Les bandes obliques indiquent la génération (ensemble de personnes nées une même année) : trois générations sont représentées ici, 2009, 2010 et 2011.

Grâce à ces trois dimensions, on délimite des surfaces où l'on peut inscrire le nombre d'événements (dans le cas présent les décès) survenus en fonction des trois critères : génération, année et âge. Au croisement d'une bande verticale, d'une bande horizontale et d'une bande oblique correspond un triangle dans lequel est inscrit le nombre de décès survenus dans une génération donnée, lors d'une année donnée à un âge donné. Par exemple, les triangles T1, T2, T3 et T4 nous indiquent :

- T1 : nombre de décès dans la génération 2010 durant l'année 2011 à 1 an révolu⁵,
- T2 : nombre de décès dans la génération 2010 durant l'année 2012 à 1 an révolu,
- T3 : nombre de décès dans la génération 2011 durant l'année 2012 à 1 an révolu,
- T4 : nombre de décès dans la génération 2010 durant l'année 2012 à 2 ans révolus.

La réunion de 2 triangles permet de délimiter soit des parallélogrammes, soit des carrés (figure 5) qui ne répondent plus qu'à deux critères, comme par exemple :

- T1 + T2 : nombre de décès dans la génération 2010 à 1 an révolu (décès survenus en 2011 ou en 2012), soit le parallélogramme P1.
- T2 + T3 : nombre de décès durant l'année 2012 à 1 an révolu (personnes appartenant aux générations 2010 ou 2011), soit le carré C1.

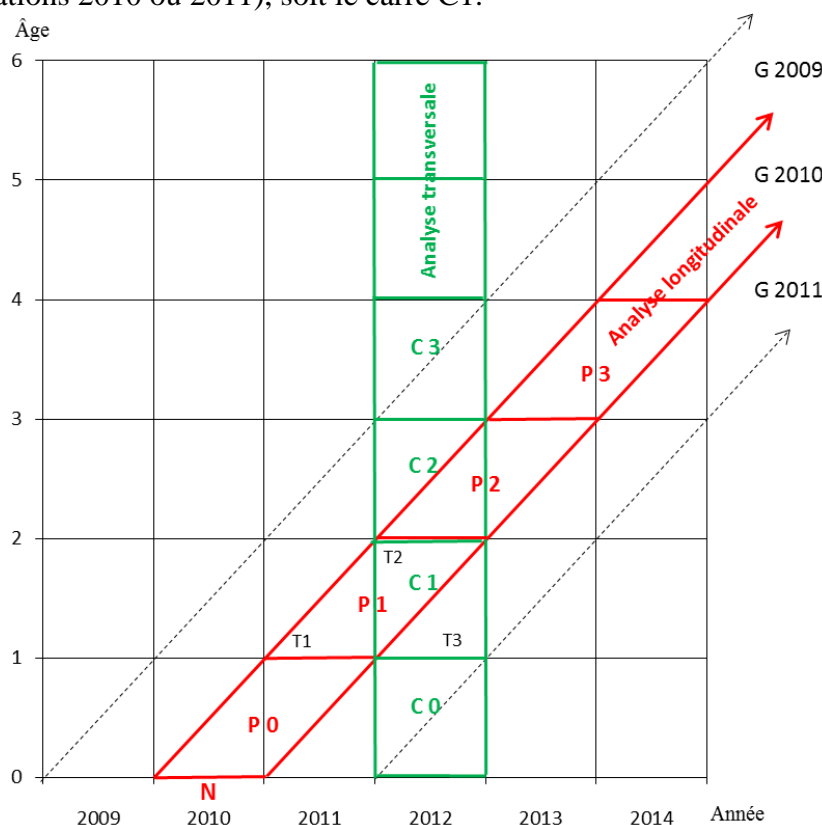


FIGURE 5 – Le diagramme de Lexis(2)

⁵ L'âge révolu est l'âge au dernier anniversaire, ou de façon équivalente, le nombre entier d'années vécues par la personne à un moment donné.

On peut ainsi suivre le cheminement d'une génération en observant, sur une bande oblique, le nombre de décès à chaque âge. Prenons l'exemple de la génération 2010, forte de N individus. Dans les parallélogrammes P0, P1, etc. (Figure 5), sont ou seront notés les nombres de décès observés à 0 an, 1 an, etc., l'année du décès pouvant être repérée grâce à la bande verticale. Le suivi de cette génération se déroulera sur plus d'un siècle jusqu'à son extinction. On pourra ainsi calculer (dans plus de cent ans) l'âge moyen au décès ou durée de vie moyenne des individus de cette génération. Cette analyse relève d'une approche *longitudinale*.

Voyons maintenant comment apparaît sur ce diagramme l'approche *transversale*. On se réfère à la bande verticale correspondant à l'année choisie, 2012 par exemple. Dans les carrés C1, C2, etc. sont inscrits les nombres de décès à 0 an, 1 an, etc. durant cette année de référence. On obtient ainsi la répartition par âges de l'ensemble des individus décédés durant l'année 2012, ces personnes appartenant à des générations différentes pouvant être repérées grâce aux bandes obliques. Cette distribution des âges au décès constitue les conditions de mortalité du moment (i.e. de l'année) qui seront ensuite appliquées à une génération fictive afin de calculer l'espérance de vie en 2012.

Il est important d'insister sur le fait que l'espérance de vie reflète les conditions de mortalité d'une année donnée. Contrairement à ce que le terme *espérance de vie* peut laisser croire, cet indicateur ne constitue pas une prévision de la durée moyenne de vie des individus nés lors de la période considérée. Par exemple, en se référant de nouveau au tableau 1, dire que les individus de sexe masculin nés en France métropolitaine entre 2010 et 2012 vivront en moyenne 78,33 ans est une interprétation erronée de l'indicateur. Cette interprétation serait valable si les conditions de mortalité observées lors de cette période demeuraient inchangées, autrement dit si les quotients de mortalité de la période 2010-2012 restaient stables. Comme le démontrent de manière fort pertinente Vallin et Grazielli (2001) à partir de l'exemple de Jeanne Calment, les quotients de mortalité par âge évoluent tout le long de la vie des individus. L'espérance de vie, comme tout indicateur transversal, est une photographie des conditions de mortalité d'un pays à un moment donné et rien d'autre.

L'espérance de vie présente l'avantage de caractériser la mortalité d'une population indépendamment de sa taille et de sa structure par âges. Cet indicateur reflète en un chiffre (ou plutôt deux, l'espérance de vie étant généralement présentée en distinguant le genre des individus) une réalité démographique du moment. F. Héran (2013) souligne que c'est actuellement l'indicateur démographique le plus cité, dépassant le taux de mortalité depuis les années quatre-vingts. Et l'auteur enchaîne en posant la question : *Mais faut-il s'étonner qu'une espérance séduise davantage qu'un taux ?* Certes le vocabulaire utilisé est important, mais si l'espérance de vie s'est imposée comme indicateur de référence en matière de mortalité, c'est, à notre avis, pour ses qualités en matière de mesure statistique. En terme de vocabulaire, la question qui nous semble plus pertinente est la suivante : pourquoi parle-t-on d'espérance de vie et non pas d'âge probable au décès alors qu'il s'agit du même indicateur? Là effectivement le premier terme semble plus séduisant que le second...

4.2 Espérance de vie en bonne santé

Malgré de nombreux atouts, les données sur l'espérance de vie présentent un défaut notoire : elles mesurent une durée moyenne de vie sans prendre en compte l'état de santé des individus. Or en matière démographique, une priorité essentielle des gouvernements des pays développés est de s'assurer que leurs populations, bien que de plus en plus âgées, restent en

E. Laurent

aussi bonne santé que possible. C'est ainsi qu'au niveau de l'Union européenne, une nouvelle famille d'indicateurs a été élaborée, mesurant l'espérance de vie en santé, en l'occurrence le nombre d'années qu'un individu peut espérer vivre dans un état de santé déterminé, compte tenu des conditions sanitaires du moment. Pour mener à bien cette tâche, des enquêtes sont effectuées dans les pays européens afin de recueillir des données sur la santé de leurs populations selon trois critères : la santé perçue, la déclaration de maladies chroniques et les limitations d'activité. En combinant les fréquences des réponses à ces questions avec les quotients de mortalité du moment, on peut calculer les trois indicateurs suivants :

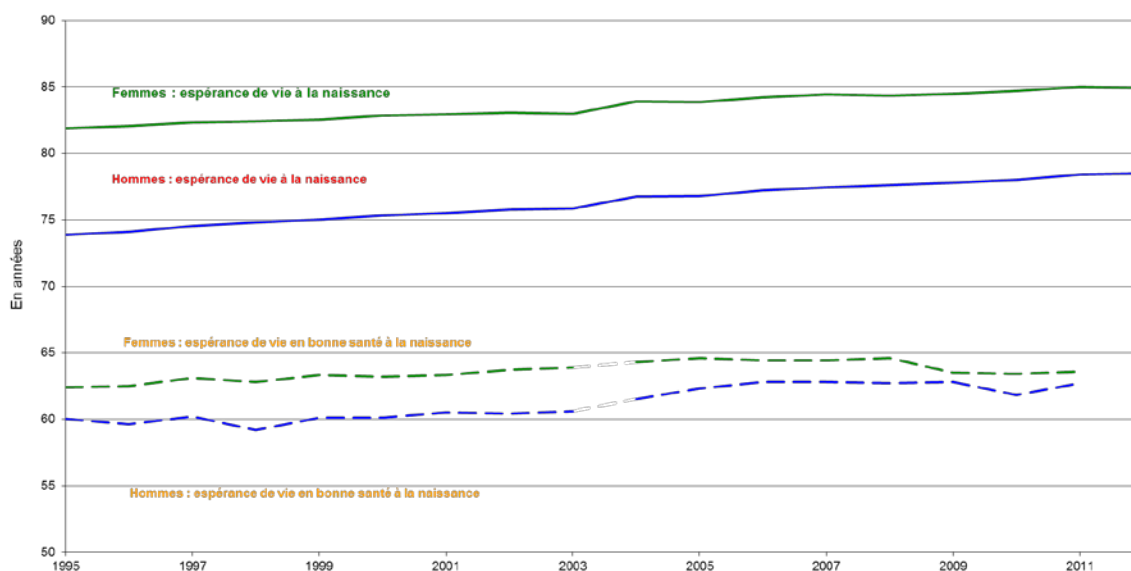
- *l'espérance de vie en bonne santé perçue*, calculée à partir des réponses à la question « Comment est votre état de santé en général ? Très bon, bon, assez bon, mauvais, très mauvais ». Les deux premières modalités définissent une bonne santé perçue.

- *l'espérance de vie sans maladie chronique*, à partir des réponses à la question « Avez-vous une maladie ou un problème de santé chronique ? Oui, non ».

- *l'espérance de vie sans incapacité*, à partir des réponses à la question « Êtes-vous limité à cause d'un problème de santé, depuis au moins six mois, dans les activités que les gens font habituellement ? Oui, fortement limité ; oui, mais pas fortement limité ; non, pas limité du tout ». Cette dernière modalité définit naturellement l'absence d'incapacité.

Ces indicateurs de santé, calculés à partir d'enquêtes effectuées annuellement dans chaque pays de l'Union et coordonnées par Eurostat (Robine et Cambois, 2013), introduisent une dimension qualitative à un indicateur purement quantitatif. Ils permettent d'une part de mesurer l'évolution de l'état de santé d'une population à mesure que l'espérance de vie augmente et d'autre part d'évaluer l'efficacité des politiques de santé. En France, l'espérance de vie en bonne santé constitue un indicateur-phare en matière de santé publique, prévention et gestion des risques (Commissariat général au Développement durable, 2014).

La figure 6 illustre l'évolution de l'espérance de vie et de l'espérance de vie en bonne santé en France métropolitaine depuis 1995.



Source : Insee, statistiques de l'état civil et Eurostat in Commissariat général au Développement durable, 2014

FIGURE 6 - Evolution de l'espérance de vie et de l'espérance de vie en bonne santé à la naissance en France (1995-2012)

Deux faits marquants peuvent être notés. Alors que l'espérance de vie continue de croître, l'espérance de vie en bonne santé connaît un ralentissement, et même une diminution depuis 2004. Par ailleurs, l'écart entre hommes et femmes, de 6,6 ans en matière d'espérance de vie (85 ans pour les femmes contre 78,4 ans pour les hommes) n'est que d'un an à peine pour les années vécues en bonne santé (63,6 ans pour les femmes, 62,7 ans pour les hommes).

Au niveau européen, les inégalités entre pays varient en fonction de l'indicateur de santé utilisé. La période d'observation de ces indicateurs est trop courte pour pouvoir effectuer des études approfondies et mesurer l'impact de certains indicateurs (richesse des pays, types de systèmes de santé, niveau des dépenses de santé, etc.) sur l'évolution de l'espérance de vie en bonne santé. Cependant l'Union européenne s'est fixée comme objectif d'augmenter les années vécues sans incapacité de 2 ans d'ici à 2020 (Robine et Cambois, 2013).

5 Aspects pédagogiques

Une bonne introduction pour comprendre la construction de l'indicateur est l'animation « Comment mesure-t-on l'espérance de vie ? » proposée par G. Pison et S. Belloc (2011) sur le site de l'Ined. Ensuite, sur le plan pédagogique, nous pouvons faire quelques suggestions aux enseignants en matière de travaux pratiques.

5.1 Etude des quotients de mortalité

A partir des tables de mortalité (Beaumel et Bellamy, 2014, tableau 68), on peut représenter graphiquement les quotients de mortalité des hommes et des femmes en fonction de l'âge. Les valeurs prises par ces quotients présentant de grandes amplitudes, il convient d'utiliser un graphique semi-logarithmique. L'ordonnée du graphique est alors exprimée en unités logarithmiques, l'abscisse restant en unités arithmétiques. L'informatique (par exemple le logiciel Excel) nous permettant de tracer aisément les deux types de graphique (avec en ordonnée une échelle arithmétique puis logarithmique) on pourra ainsi comparer les deux tracés et noter l'intérêt du graphique semi-logarithmique, en l'occurrence représenter de façon lisible pour les valeurs les plus faibles l'évolution des quotients de mortalité. Mais attention! Un graphique semi-logarithmique ne se lit pas de la même façon qu'un graphique arithmétique. En fonction des propriétés des logarithmes, la pente donne le rythme d'évolution de la variable et non la quantité. Une même pente, où que l'on soit dans le graphique, signifie donc même rythme d'évolution, et toute droite correspond à un taux constant de variation pour toutes les valeurs de cette droite. C'est effectivement ce que nous observons sur notre graphique : à partir de l'âge de 30 ans, les quotients de mortalité augmentent à un taux quasi-constant.

Deux observations principales peuvent être faites. Premièrement, si l'on excepte le tout premier âge de la vie où le risque de décès n'est pas négligeable (de l'ordre de 4‰ avant le premier anniversaire), les quotients de mortalité sont très faibles (inférieurs à 0,3‰) jusqu'à treize ans, ensuite ils augmentent fortement avec l'âge, notamment pendant l'adolescence. Deuxièmement, à tous les âges, on observe une surmortalité masculine, ce qui a pour conséquence une espérance de vie plus élevée chez les femmes que chez les hommes.

E. Laurent

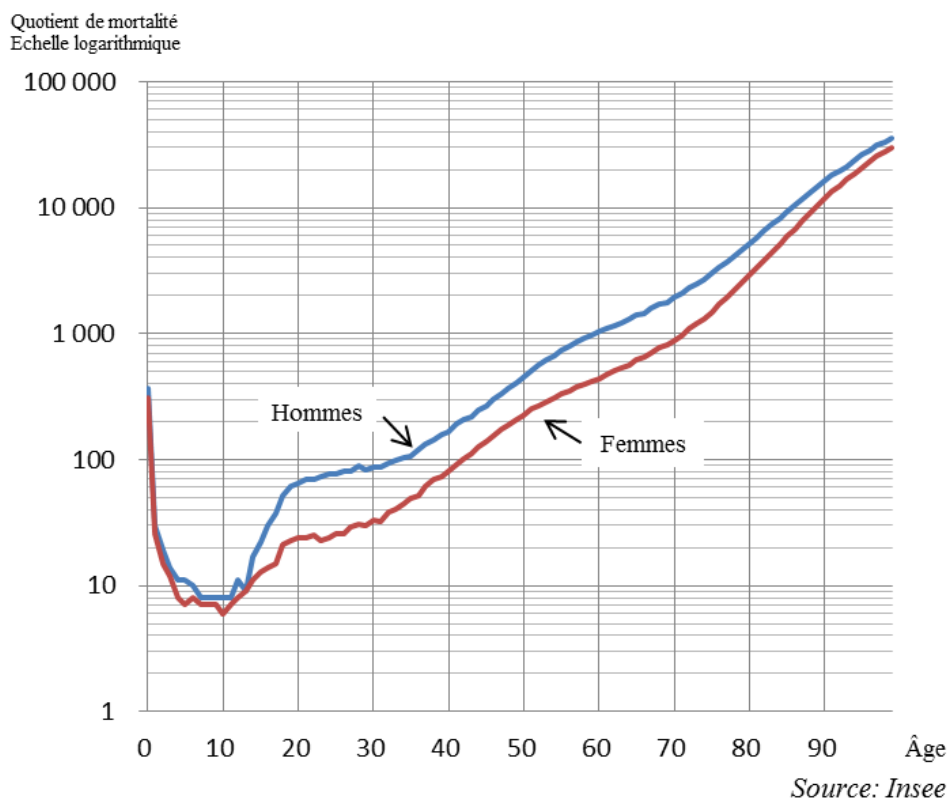


FIGURE 7 - Quotients de mortalité par âges en France métropolitaine (2010-2012)

http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?ref_id=ir-irsocsd2012&page=irweb/irsocsd2012/dd/irsocsd2012_mortalite.htm tableau 68

5.2 Calcul de l'espérance de vie

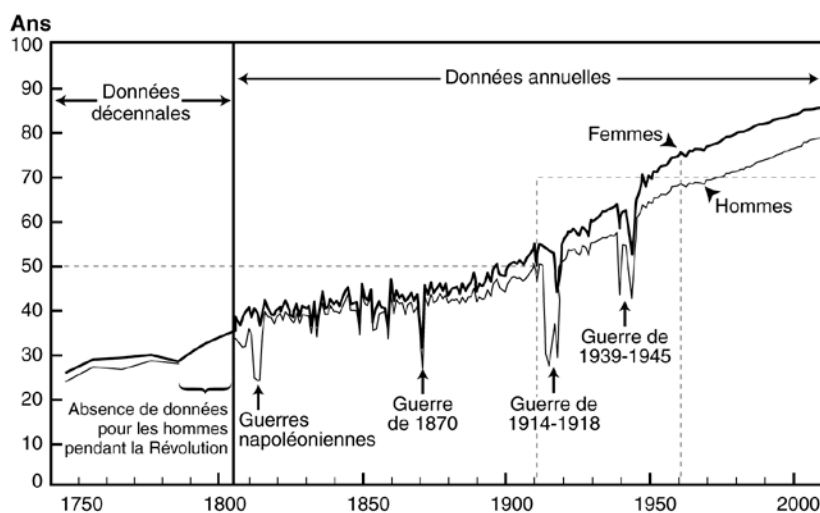
La formule du calcul de l'espérance de vie décrite dans le paragraphe 2.2 peut faire l'objet d'une application sur données réelles. Notons cependant que l'application de cette formule aux quotients de mortalité de la table 2010-2012 ne fournit pas exactement les mêmes valeurs de E_x que celles figurant dans la table de mortalité de l'Insee, notamment pour les valeurs de x les plus élevées. Cette distorsion dans les valeurs est liée au fait que la table s'arrête à l'âge de 99 ans, avec une espérance de vie à cet âge égale à 2,38 ans (les deux sexes confondus), alors que l'hypothèse sous-jacente dans notre calcul implique que les survivants à 99 ans vivent encore en moyenne 0,5 an. L'Insee ne souhaite pas publier les quotients de mortalité détaillés au-delà de 99 ans, ceux-ci n'étant pas suffisamment fiables. Cela nous semble regrettable dans la mesure où les centenaires en France métropolitaine sont actuellement près de 20 000 dont un millier a dépassé les 105 ans.

Des tables avec les quotients de mortalité jusqu'à 110 ans sont fournies par la banque de données HMD (The Human Mortality Database) et peuvent être consultées après inscription (gratuite) sur le site à l'adresse <http://www.mortality.org/>. On observe que l'espérance de vie à 110 ans est encore de 1,32 an pour les femmes et de 1,29 an pour les hommes.

5.3 L'évolution de l'espérance de vie en France

Penchons-nous maintenant sur l'évolution de l'espérance de vie, en France puis dans le monde.

Jusqu'au milieu du 18^e siècle, l'espérance de vie en France est restée stable, de l'ordre de 25 ans. De 1750 à nos jours, on observe une tendance à la hausse, particulièrement marquée à partir de la fin du 19^e siècle, avec des ruptures pendant les périodes de guerre. Les rythmes de croissance de l'espérance de vie sont étroitement liés aux progrès en matière médicale et sanitaire. La découverte des vaccins, la révolution pastoriennne, les progrès en matière de lutte contre les maladies cardiovasculaires sont autant d'étapes dans l'évolution de l'espérance de vie (Ined, 2014a et Pison, 2005). Cependant, cette forte croissance, de l'ordre d'un an supplémentaire tous les quatre ans, connaît un ralentissement depuis quelques années. Quelles sont alors les perspectives d'allongements de la durée de vie ? Si l'on peut raisonnablement penser que les innovations futures permettront de réactiver la croissance de l'espérance de vie, il est impossible d'en prévoir le rythme et l'échéance (Vallin et Meslé, 2010).



Source : Ined

FIGURE 8 - Evolution de l'espérance de vie à la naissance en France (1750-2010)

<https://www.ined.fr/fr/tout-savoir-population/memos-demo/fiches-pedagogiques/la-duree-de-vie-en-france/>

Au niveau mondial, la durée de vie moyenne a également augmenté, mais de forts contrastes demeurent entre les pays (Ined, 2014b). Pour obtenir de façon simple et rapide des statistiques au niveau mondial nous encourageons vivement le lecteur à utiliser *l'atlas animé de la population mondiale* sur le site de l'INED. Nous reproduisons ci-dessous la page relative à l'espérance de vie dans le monde : le graphique de droite montre son évolution depuis 1950, la carte montre les disparités entre pays. Toutes les données détaillées sont obtenues en un clic !

On pourra également consulter la synthèse des données démographiques pour l'ensemble des pays du monde ainsi que des tableaux comparatifs établie par Pison (2013).

E. Laurent

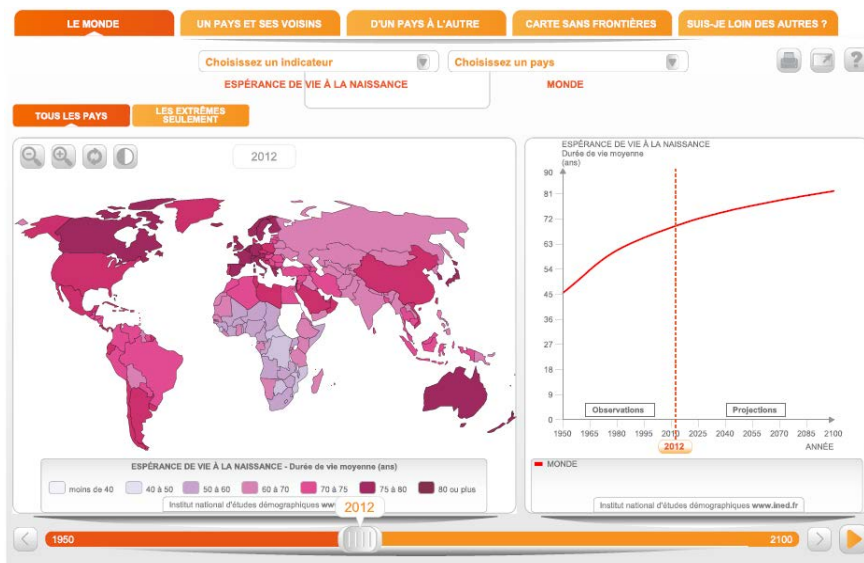


FIGURE 9 - L'espérance de vie à la naissance au niveau mondial

<http://www.ined.fr/fr/tout-savoir-population/graphiques-cartes/cartes-interactives-population-mondiale/>

5.4 Risques de décès et espérance de vie

Les observations faites précédemment peuvent amener à se pencher de façon plus approfondie sur l'évolution des risques de mortalité en fonction de deux critères : l'âge et le sexe auxquels on peut adjoindre la catégorie socio-professionnelle. Sur le plan pédagogique, il s'agit de commenter des données et, afin de pouvoir les analyser, de rechercher des documents et articles. Cette analyse ne relevant pas de l'objet propre de cet article, nous indiquerons succinctement les principaux éléments des analyses usuelles issues de documents de synthèse référencés que le lecteur pourra aisément consulter en utilisant les liens web figurant en fin d'article.

5.4.1 La mortalité selon l'âge

L'évolution de l'espérance de vie résulte de l'évolution des risques de décès aux différents âges de la vie. Sur une période couvrant plus de deux siècles on observe une baisse très importante de la mortalité infantile. Le taux de mortalité infantile – rapport entre le nombre d'enfants décédés avant l'âge d'un an et le nombre d'enfants nés vivants⁶ – estimé à 233‰ en 1770 (Bourgeois-Pichat, 1952) est passé à 151‰ en 1901, à 52‰ en 1950 et il n'est plus que de 3,3‰ en 2012. Pour une étude plus approfondie, nous conseillons au lecteur de consulter (Ined, 2014c) et (Beaumel et Bellamy, 2014, tableau 70).

Si l'évolution de l'espérance de vie est fortement corrélée avec la diminution de la mortalité infantile, on peut noter également que depuis quelques années, celle-ci demeure stable, à un niveau très faible, et l'espérance de vie continue de croître, grâce au recul de la mortalité dans les autres tranches d'âges. Partout dans le monde, le schéma d'évolution de la mortalité est le même : la baisse de la mortalité concerne d'abord les plus jeunes, puis ce sont ensuite les adultes puis les personnes âgées qui bénéficient des progrès en matière médicale.

⁶ Le terme de *taux* est impropre pour désigner cet indicateur. Il s'agit en fait du *quotient* de mortalité à zéro an.

5.4.2 La surmortalité masculine

Un des faits marquants relatif à l'espérance de vie est l'écart important entre hommes et femmes. Si, à chaque âge on observe une surmortalité masculine, celle-ci est particulièrement prononcée pour les tranches d'âge 20-25 ans et 50-70 ans. De cette surmortalité masculine découle un écart important en matière d'espérance de vie : en 2012, l'espérance de vie à la naissance pour les femmes était de 84,85 ans alors qu'elle n'était que de 78,33 ans pour les hommes, soit un différentiel de 6,52 ans. Si l'on remonte un peu dans le temps, on observe qu'avant 1800, l'espérance de vie était sensiblement la même pour les hommes et pour les femmes. Cet écart s'est ensuite accru pour atteindre jusqu'à 8 ans dans les années 80, pour finalement connaître un resserrement durant ces dernières décennies (Figure 2).

Les facteurs explicatifs de cette surmortalité masculine sont de différents ordres : biologiques, sociaux, économiques. Le lecteur soucieux d'approfondir ses connaissances dans le domaine pourra consulter les travaux de Pison (2005), Meslé (2004), et Rollet (2011).

5.4.3 Les inégalités sociales

Toutes les catégories sociales ont vu leur espérance de vie augmenter, mais les inégalités sociales demeurent (Blanpain, 2011, Robert-Bobée et Cadot, 2007, Robert-Bobée et Monteil, 2005). D'après les données de l'Insee sur la période 2000-2008, l'espérance de vie à 60 ans (âge légal de départ à la retraite), est de 24 ans pour les cadres hommes contre seulement 19,6 ans pour les ouvriers, soit un écart de 4,4 ans. Le différentiel n'est que de 2,3 ans chez les femmes (27,8 ans pour les cadres contre 25,5 ans pour les ouvrières).

TABLEAU 3 - *L'espérance de vie à 60 ans (en années) en France métropolitaine selon la catégorie socio-professionnelle et le sexe (période 2000-2008)*

	Homme	Femme
Cadres	24,0	27,8
Professions intermédiaires	22,3	27,4
Agriculteurs	22,3	26,2
Artisans, commerçants, chefs d'entreprise	22,2	27,1
Employés	21,0	26,4
Ouvriers	19,6	25,5
Ensemble	21,1	26,1

Source : Insee

http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=espvie60ansparcs

6 Conclusion

L'espérance de vie, indicateur de référence dans les statistiques démographiques, constitue un support intéressant pour l'enseignement de la statistique. Après avoir défini les quotients de mortalité et présenté les tables de mortalité, nous avons expliqué comment était calculée l'espérance de vie et nous en avons ensuite précisé la signification. Cet indicateur est relativement simple à construire, il permet d'utiliser des données réelles, facilement accessibles. L'analyse de son évolution permet de jouer l'interdisciplinarité. La comparaison avec les autres indicateurs de mortalité permet aux apprenants de se frotter aux difficultés de construction d'un indice synthétique. A partir de cet indicateur, nous avons ainsi proposé un large éventail de travaux pratiques en statistique appliquée aux populations humaines.

Références

- [1] Beaumel C., Bellamy V. (2014), La situation démographique en 2012, *Insee Résultats*, n°154, Tableau 68 (France métropolitaine).
http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?ref_id=ir-irsocsd2012&page=irweb/irsocsd2012/dd/irsocsd2012_mortalite.htm
- [2] Blanpain N., (2011), L'espérance de vie s'accroît, les inégalités sociales face à la mort demeurent, *Insee Première*, n°1372, octobre.
http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=0&ref_id=ip1372
- [3] Bourgeois-Pichat J. (1952), Note sur l'évolution générale de la population française depuis le XVIIIe siècle, *Population*, n°2, pp. 319-329.
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/pop_0032-4663_1952_num_7_2_2694
- [4] Commissariat général au plan (2014), Indicateurs et Indices, Site internet du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.
<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/indicateurs-indices/f/1935/1339/esperance-vie-esperance-vie-bonne-sante.html>
- [5] Héran F. (2013), La démographie et son vocabulaire au fil des siècles : une exploration numérique, *Population et Sociétés*, n° 505, novembre.
<http://www.ined.fr/fr/publications/population-et-societes/demographie-vocabulaire-exploration-numerique/>
- [6] Ined (2007), Surmortalité masculine par âge, *Graphique du mois*.
<http://www.ined.fr/fr/tout-savoir-population/graphiques-cartes/graphiques-interpretes/surmortalite-masculine/>
- [7] Ined (2014a), La durée de vie en France, *fiche pédagogique*,
<https://www.ined.fr/fr/tout-savoir-population/memos-demo/fiches-pedagogiques/la-duree-de-vie-en-france/>
- [8] Ined (2014b), La durée de vie dans le monde, *fiche pédagogique*,
<https://www.ined.fr/fr/tout-savoir-population/memos-demo/fiches-pedagogiques/la-duree-de-vie-dans-le-monde/>
- [9] Ined (2014c), La mortalité infantile en France, *fiche pédagogique*,
<http://www.ined.fr/fr/tout-savoir-population/memos-demo/fiches-pedagogiques/la-mortalite-infantile-en-france/>
- [10] Inserm (2013), Espérance de vie en bonne santé : dernières tendances, Communiqué, *salle de presse de l'Inserm*.
<http://presse-inserm.fr/esperance-de-vie-en-bonne-sante-dernieres-tendances/7858/>
- [11] Laurent E. (2013), Les mesures de la fécondité comme support pédagogique à l'enseignement de la statistique, *Statistique et Enseignement*, volume 4, n°2, décembre, pp 67-85.
<http://publications-sfds.math.cnrs.fr/index.php/StatEns/article/view/244>

L'espérance de vie : une ressource pour l'enseignement

- [12] Meslé F. (2004), Espérance de vie: un avantage féminin menacé?, *Population et sociétés*, n°402, juin.
<http://www.ined.fr/fr/publications/population-et-societes/esperance-de-vie-un-avantage-feminin-menace/>
- [13] Nizard A. (1997), Les trois révolutions de la mortalité depuis 1950, *Population et Sociétés*, n°327, septembre.
<http://www.ined.fr/fr/publications/population-et-societes/les-trois-revolutions-de-la-mortalite-depuis-1950/#tabs-2>
- [14] Pison G. (2005), France 2004: l'espérance de vie franchit le seuil de 80 ans, *Population et sociétés*, n°410, décembre.
<http://www.ined.fr/fr/publications/population-et-societes/france-2004-l-esperance-de-vie-franchit-le-seuil-de-80-ans/>
- [15] Pison G. (2011), Atlas de la population (la population en chiffres), animation, site de l'Ined,
http://www.ined.fr/fr/tout_savoir_population/atlas_population/
- [16] Pison G. (2013), Tous les pays du monde, *Population et sociétés*, n°503, septembre,
<http://www.ined.fr/fr/publications/population-et-societes/pays-monde-2013/>
- [17] Pison G., Belloc S. (2011), « Comment mesure-t-on l'espérance de vie ? », animation, site de l'Ined.
http://www.ined.fr/fr/tout_savoir_population/animations/esperance_vie/
- [18] Pressat R. (1983), *Analyse démographique : concepts, méthodes, résultats*, Presses Universitaires de France, Paris.
- [19] Robert-Bobée I., Cadot O. (2007), Mortalité aux grands âges : encore des écarts selon le diplôme et la catégorie sociale, *Insee Première*, n°1122, février.
http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1122®_id=0
- [20] Robert-Bobée I., Monteil Ch. (2005), Les différences sociales de mortalité : en augmentation chez les hommes, stables chez les femmes, *Insee Première*, n°1025, juin.
http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=0&ref_id=ip1025
- [21] Robine J-M, Cambois E. (2013), Les espérances de vie en bonne santé des Européens, *Population et sociétés*, n°499, avril.
<http://www.ined.fr/fr/publications/population-et-societes/esperances-vie-bonne-sante-europeens/>
- [22] Rollet C. (2011), *Introduction à la démographie*, Ed. Armand Colin, Paris.
- [23] Vallin J., Caselli G. (2001), L'artifice de la cohorte fictive, in : Graziella Caselli, Jacques Vallin et Guillaume Wunsch (éd), *Démographie : analyse et synthèse*, Volume 1, La dynamique des populations, Ined, Paris, Chapitre 14, pp 271-327.
- [24] Vallin J., Meslé F. (2010), Espérance de vie : peut-on gagner trois mois par an indéfiniment?, *Population et sociétés*, n°473, décembre.
<http://www.ined.fr/fr/publications/population-et-societes/esperance-de-vie-peut-on-gagner-trois-mois-par-an-indefinit/>

E. Laurent

Annexe : Actualisation des données statistiques

Les tableaux des données statistiques relatives à la France métropolitaine sont issus des « Données détaillées de la situation démographique en 2012 » mises en ligne sur le site de l'INSEE en juin 2014: http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?ref_id=ir-irsocsd2012&page=irweb/irsocsd2012/

En ouvrant ce lien, on trouve différentes rubriques permettant d'accéder à plusieurs tableaux téléchargeables sous format Excel. On retrouve les tableaux dont nous avons déjà donné les liens en allant :

→ Dans la rubrique *Population*, on trouve dans :

- T1** :
- population en milieu d'année de 1901 à 2010,
 - nombre annuel de décès,
 - taux de mortalité.

→ Dans la rubrique *Décès, mortalité* :

T68 : table de mortalité sur trois années.

T70 : évolution de la mortalité infantile et de ses diverses composantes.

Pour obtenir les tableaux équivalents avec des données plus récentes, le lecteur pourra suivre le lien : http://www.insee.fr/fr/themes/theme.asp?theme=2&sous_theme=0&type=3&nivgeo=0&produit=OK et ouvrir la rubrique « Données détaillées de la situation démographique en 2013, etc. » lorsque celle-ci sera publiée. En suivant la démarche explicitée ci-dessus, il retrouvera les mêmes tableaux actualisés.