

Mortalité prospective dans les travaux de l'INSEE

Version 1.5

27/05/2023

Frédéric PLANCHET

Karl BANTIGNY

Table des matières

I.	INTRODUCTION	3
II.	TRAVAUX DE PROJECTIONS DE L'INSEE	3
II.a.	<i>Exercice 2010 : Projections de population 2007-2060</i>	3
II.b.	<i>Exercice 2016 : Projections de population 2013-2070</i>	4
II.c.	<i>Exercice 2021 : Projections de population 2021-2070</i>	4
II.d.	<i>Tableau récapitulatif</i>	5
III.	COMPARAISONS D'ESPÉRANCES DE VIE	6
III.a.	<i>Notion d'espérance de vie</i>	6
III.b.	<i>Représentations graphiques</i>	7
III.c.	<i>Tableau récapitulatif de diverse espérances de vie</i>	9
III.d.	<i>Évolution des quotients de mortalité</i>	10
IV.	RÉFÉRENCES	11
V.	ANNEXES : TABLES DE MORTALITÉ GÉNÉRATIONNELLES	12

I. INTRODUCTION

L'INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques) publie tous les cinq ans une étude prospective de la démographie française à horizon de quelques générations. Plusieurs scénarios sont construits à partir d'hypothèses d'évolution de critères démographique (taux de fertilité, solde migratoire, mortalité, etc.) : un scénario appelé « central » est déterminé à partir d'une continuation des tendances les plus « naturelles » du moment, d'autres scénarios envisagent de modifications locales ou globales des indicateurs démographiques.

Dans chacun de ces travaux, le scénario central fournit des données de mortalité pouvant être lus comme une table de mortalité prospective (taux de mortalité par année courante et âge donnée), données qui peuvent s'avérer utiles dans certains contextes de tarification et/ou provisionnement, notamment lorsque les données des assurés ne permettent pas une adéquate détermination des tendances.

La présente synthèse propose de présenter et comparer trois différentes tables de mortalité issus des scénarios centraux des derniers travaux de l'INSEE (2010 : [IP n°1320](#), 2016 : [IP n°1619](#), 2021 : [IP n°1881](#)) pour mettre en évidence les différentes tendances des visions prospectives de la mortalité française.

II. TRAVAUX DE PROJECTIONS DE L'INSEE

Pour chaque exercice de projection démographique, l'INSEE fait appel à un collège d'experts qui arrêtent différents paramètres de projection : période de référence, méthode de projection, différenciation des groupes d'âges / génération à projeter, etc. Dans la plupart des cas, la projection est réalisée par âge et par sexe, par prolongement de la courbe logistique des quotients de mortalités observés sur une période de référence.

II.a. Exercice 2010 : Projections de population 2007-2060

Dans cet exercice de projection de mortalité, l'INSEE reprend en grande partie les travaux de l'exercice précédent (Projections de population 2005-2050 pour la France métropolitaine). Le consensus des experts s'arrête donc sur une projection par sexe et par âge par prolongement des tendances observés dans la période 1988-2002, avec une attention particulière aux âges extrêmes :

- La fourchette 3-13 ans où les experts prévoient l'arrivée d'un plancher de mortalité en 2040 qui arrêterait les tendances baissières de la mortalité à ces âges.
- Les grands âges (100 ans et au-delà) où l'amélioration de l'espérance de vie observée a dépassée celle prédite par l'exercice 2006. La tendance de mortalité à ces âges est donc calculée en prolongeant la tendance des âges immédiatement inférieurs).

En 2010 la tendance est donc à une anticipation de poursuite des gains d'espérances de vie pour tous les âges, ainsi qu'une poursuite de la réduction de l'écart des espérances de vie entre hommes et femmes observée depuis les années 90.

II.b. Exercice 2016 : Projections de population 2013-2070

Pour l'exercice de 2016, plusieurs réflexions sur l'impact des « effets générations » ont été introduites en plus de la production des données de mortalités. La plage d'années de référence retenue est 1995-2014 (20 années au lieu de 15 habituellement, pour lisser les anomalies des années 2003-2004). La projection est réalisée par sexe et par âge, exceptée pour deux générations « atypiques » qui sont traitées différemment.

En effet, des experts ont constaté que pour certaines générations (1941-1953 pour les hommes, 1941-1956 pour les femmes), la mortalité est relativement constante dans le temps pour chaque âge observé. Pour ces générations, les quotients sont donc prolongés à partir des données de mortalités disponibles aux âges inférieurs. Notamment, pour cet exercice, un expert (Jean-Michel Hourriez, responsable des études du COR) a sollicité l'INSEE à commencer un travail parallèle de modélisation générationnelle de la mortalité.

En 2016, la tendance est donc encore à une anticipation de poursuite des gains d'espérances de vie pour tous les âges et à la réduction de l'écart des espérances homme/femme. Par rapport à l'exercice 2010, les nouvelles projections voient une hausse de l'espérance de vie du moment à 60 ans des hommes en 2060 (+1,7 an) et une hausse moindre pour les femmes (+0,2 an), ainsi qu'une hausse l'espérance de vie à la naissance des hommes en 2060 (+2,5 ans) et une hausse moindre pour les femmes (+0,6 an).

II.c. Exercice 2021 : Projections de population 2021-2070

Marqué par un contexte de crise sanitaire et d'un ralentissement historique des progrès d'espérance de vie observés entre 2014 et 2019, cet exercice doit entériner les nouvelles tendances de mortalité tout en questionnant les impacts sur le long terme de la mauvaise conjoncture sanitaire. En effet, en oubliant cette dernière, le profil de l'espérance de vie observée en 2019 se rapprochait plus de l'hypothèse basse des projections du dernier exercice. Ce ralentissement n'est pas totalement expliqué par l'INSEE mais est en partie due à l'arrivée aux âges élevés des générations à mortalité défavorables de 1941-1955. L'INSEE a donc décidé d'utiliser la décennie 2010-2019 comme années de référence.

Pour pallier la surmortalité de la crise sanitaire, les experts se sont tous exprimés en faveur d'un retour en 2022 des tendances 2010-2019, grâce à plusieurs effets dont l'effet moisson.

Comme pour l'exercice précédent, l'INSEE a comparé les résultats de plusieurs modèles (prise en compte des générations ou non, Lee Carter, modèle âge / période / cohorte, etc.) qui tous ont amenés à une révision à la baisse des espérances de vies projetées en 2070. L'INSEE a retenue pour son scénario central un modèle de projection logistique par âge et par sexe avec prise en compte de l'effet génération (même principe que pour

l'exercice précédent). Les courbes des quotients de mortalité par âge des années de références 2010-2019 sont au préalable lissées pour conserver la forme linéaire de la courbe logistique à l'horizon 2070.

Aussi, pour répondre à des besoins spécifiques d'analyse, la projection démographique a été prolongée à horizon 2121. À cet horizon-là, la nature conjectural des résultats implique des hypothèses peu aventureuses : la mortalité est prolongée par âge et par sexe de 2070 à 2121 à partir des tendances projetées entre 2022 et 2070.

En 2021, l'INSEE anticipe alors un net ralentissement des gains d'espérances de vie futur. L'espérance de vie à la naissance projetée en 2070 est en baisse par rapport à l'exercice de 2016 (-2,6 ans pour les hommes, -3,0 ans pour les femmes), ainsi que l'espérance résiduelle à 65 ans (-1,5 ans pour les hommes, -2,2 ans pour les femmes).

II.d. Tableau récapitulatif

Tab. 1. Tableau de synthèse des hypothèses d'évolution de mortalité

Exercices	Horizon	Hypothèses retenues pour les quotients de mortalité du scénario central
2010	2007-2060	<ul style="list-style-type: none"> • Prolongement de l'évolution tendancielle à la baisse observée sur la période 1988-2002 • Baisse accrue des quotients aux âges élevés pour les deux sexes • Plancher futur pour la mortalité des 3-13 ans
2016	2013-2070	<ul style="list-style-type: none"> • Prolongement de l'évolution tendancielle à la baisse observée sur la période 1995-2014 • Prise en compte de l'effet génération (1941-1953 pour les hommes, 1941-1956 pour les femmes)
2021	2021-2070 (prolongé 2021-2121)	<ul style="list-style-type: none"> • Prolongement de l'évolution tendancielle à la baisse observée sur la période 2010-2019 • Prise en compte de l'effet génération (1941-1953 pour les hommes, 1941-1956 pour les femmes) • Lissage des âges pour atténuer les effets conjoncturels et générations

III. COMPARAISONS D'ESPÉRANCES DE VIE

III.a. Notion d'espérance de vie

L'espérance de vie la plus fréquemment utilisée est l'*espérance de vie du moment*, soit la durée de vie moyenne d'une génération qui serait exposée aux conditions de mortalité d'une année particulière tout au long de sa vie.

C'est donc une espérance fictive qui n'a d'utilité que ponctuellement ou s'il on n'a pas accès à des hypothèses de mortalité future. Dans notre cas, les tables de mortalité du moment projetées de l'INSEE nous offrent des valeurs prospectives de mortalité à plusieurs générations d'horizon, il est donc judicieux de travailler avec les *espérances de vie par génération*.

L'espérances de vie par génération prend en compte les conditions de mortalité d'une génération d'individus à travers les années. Avec les quotients de mortalité du moment $q_{x,t}$ ($0 \leq x \leq 120, 2022 \leq t \leq 2060$) fournis par les tables de l'INSEE, on calcule donc les espérances de vie résiduelles par génération en considérant les diagonales $q_{x+i,t+i}$ ($0 \leq i \leq 120 - x$) (et non pas les colonnes $q_{x+i,t}$ de l'espérance du moment). La formule de l'espérance vie par génération est la suivante :

$$E_{x,t} = \sum_{i=1}^{120-x} \prod_{k=0}^{i-1} (1 - q_{x+k,t+k})$$

$$= (1 - q_{x,t}) + (1 - q_{x,t}) * (1 - q_{x+1,t+1}) + \dots + (1 - q_{x,t}) * \dots * (1 - q_{119,t+119-x})$$

Remarque 1 : L'INSEE utilise une convention de calcul différente et ajoute 0,5 à l'espérance de vie calculée comme ci-dessus (vision « milieu d'année »).

Remarque 2 : L'indice i de la somme peut être étendu jusqu'à $121 - x$ selon que $q_{120,t}$ a une valeur différente de 1 ou non.

Remarque 3 : Les quotients des tables du moment l'INSEE sont exprimés en « âge atteint » dans l'année, cad $q_{65,2022}$ représente le taux de mortalité des individus d'une même génération (même année de naissance) qui ont (ou auraient) fêté leur 65^{ème} anniversaire entre le 01/01/2022 et le 31/12/2022. Pour les tables générationnelles, ceux-ci sont exprimés différemment (Voir Annexe 1).

III.b. Représentations graphiques

On peut alors comparer différentes espérances de vie résiduelles par génération issus des tables de l'INSEE sur un horizon 2022-2060 :

Fig. 1 : Évolution de l'espérance de vie prospective à 65 ans

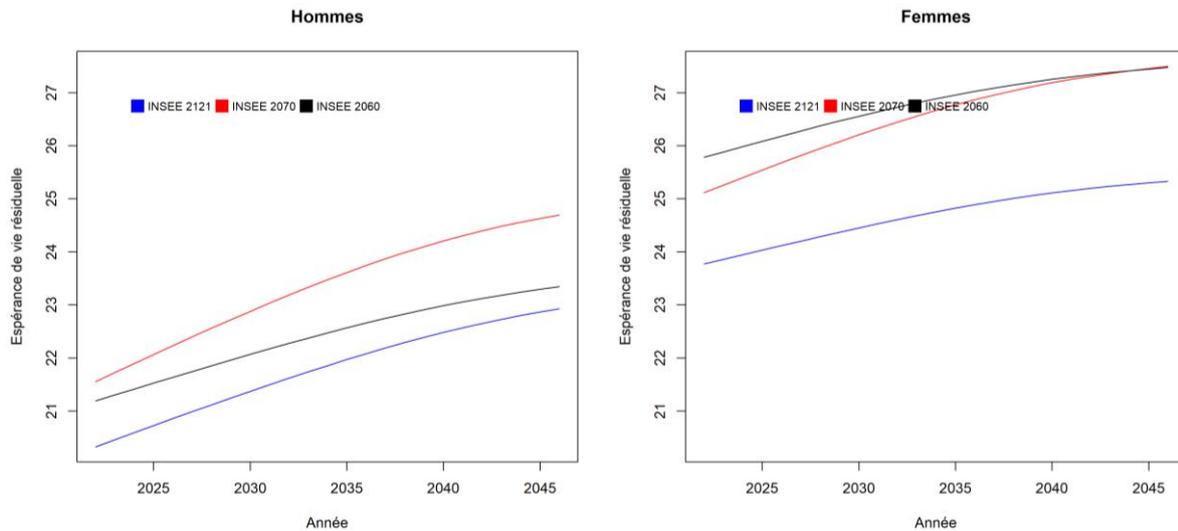


Fig. 2 : Évolution de l'espérance de vie prospective à 75 ans

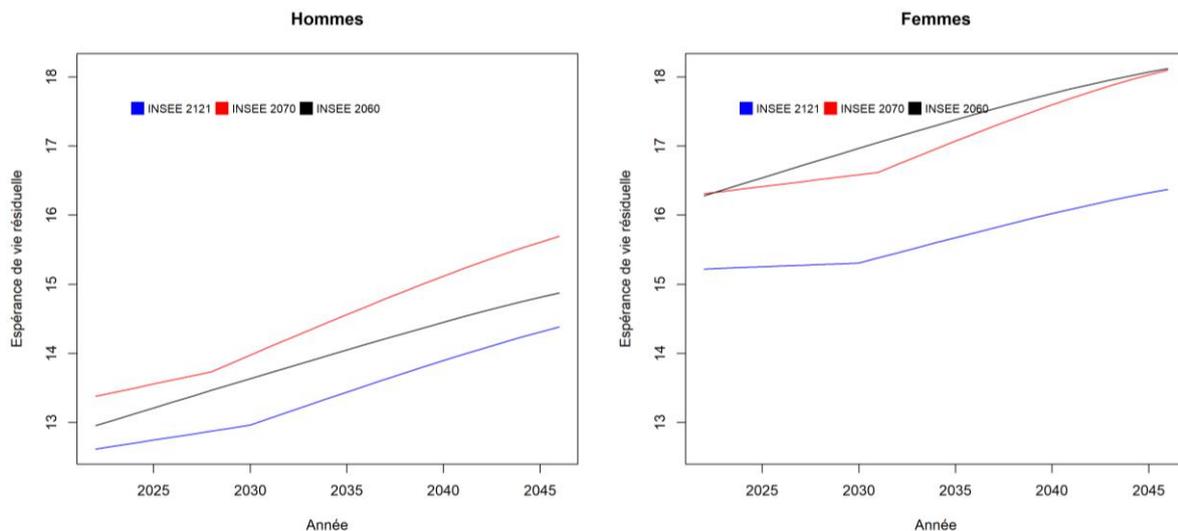
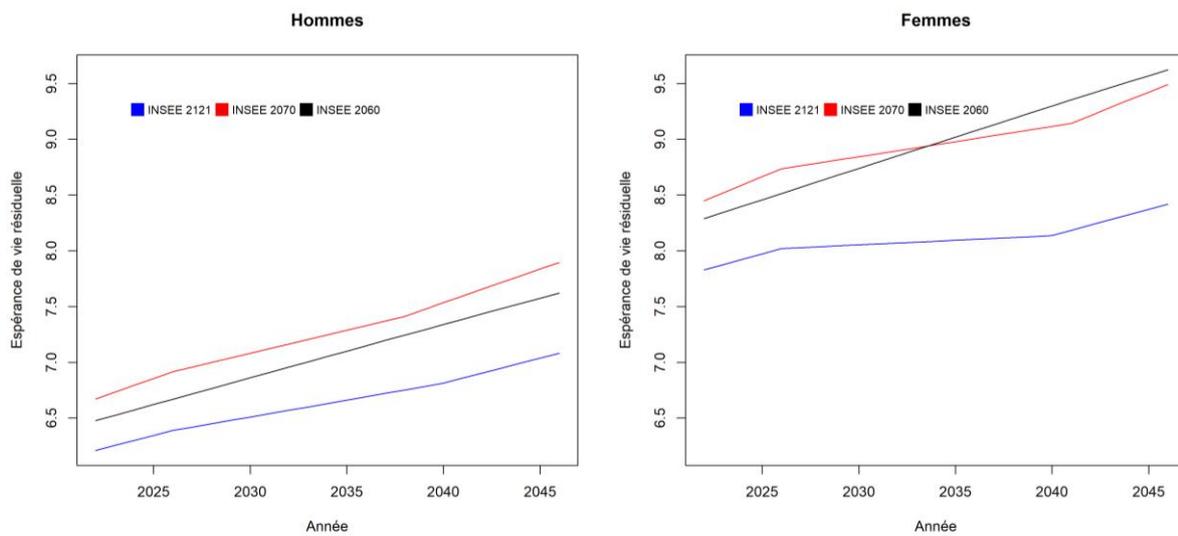


Fig. 3 : Évolution de l'espérance de vie prospective à 85 ans

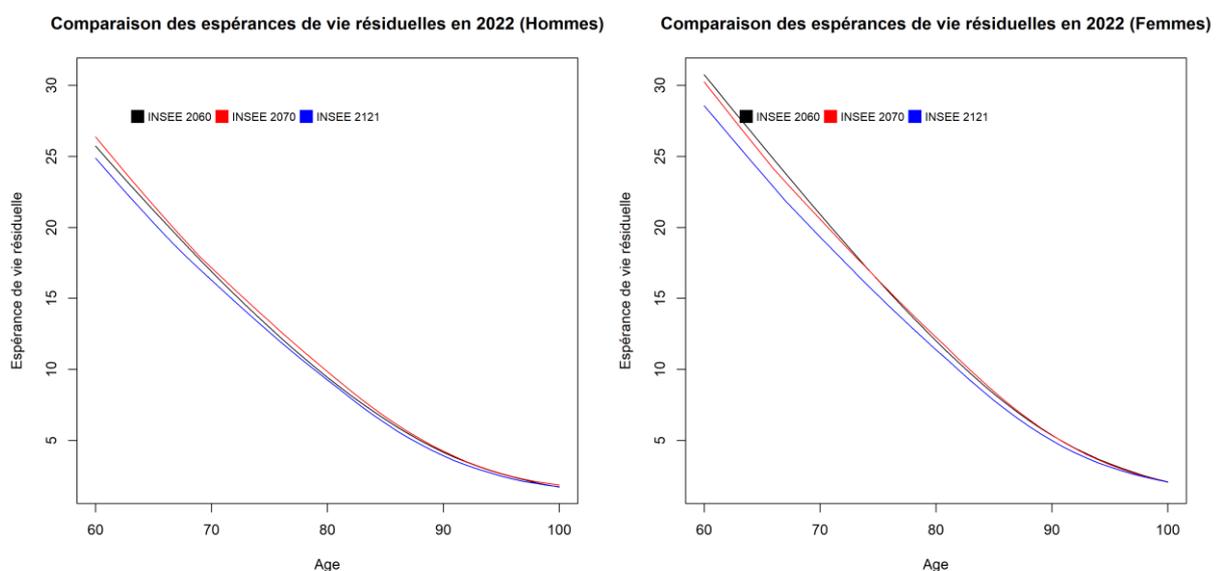


On remarque que :

- Les espérances résiduelles INSEE 2121 (Projections de 2021) sont en deçà des deux autres courbes, l'écart étant de 0,5 à 1 an environ ;
- L'effet générationnel est visible au niveau des paliers de ralentissement de l'espérance de vie (voir l'espérance de vie des femmes à 75 & 80 ans pour les plus visible) ;
- Le passage d'INSEE 2060 (projections de 2010) à INSEE 2070 (projections de 2016) est plus favorable aux hommes qu'aux femmes en termes de gain d'espérance de vie.

Les espérances de vies résiduelles prospective en 2022 présentent l'allure suivante, en fonction de l'âge :

Fig. 4 : Espérances de vie résiduelles en 2022



De même, le déficit d'espérance de vie issue des tables INSEE 2121 est nettement visible.

III.c. Tableau récapitulatif de diverse espérances de vie

Tab. 2. Synthèse des espérances de vie à différents âges et scénarios

	Espérance de vie à la naissance			Espérance de vie résiduelle à 65 ans		
	2060	2022		2060	2022	
	Moment	Moment	Prospective	Moment	Moment	Prospective
2060 H	86,0	80,1	85,7	23,6	19,7	21,2
2070 H	88,5	80,9	88,3	25,1	20,0	21,6
2121 H	86,1	80,1	85,9	23,7	19,7	20,7
2060 H	91,1	86,5	90,9	27,6	24,0	25,8
2070 H	91,7	86,6	91,6	27,7	24,0	25,1
2121 H	89,0	85,8	88,9	25,9	23,6	24,2

En pratique, on ne peut pas toujours calculer l'espérance de vie générationnelle rigoureusement lorsque les quotients de mortalités requis dépassent l'horizon de la table de mortalité (plus grande année pour laquelle une table du moment est disponible). Par exemple, calculer l'espérance de vie générationnelle à la naissance de l'année 2022 nécessite en théorie des quotients de mortalités du moment de l'année 2142 ($q_{0,2022}, q_{1,2023}, \dots, q_{120,2142}$). La convention la plus raisonnable est alors de fixer une année plafond (commune à toutes les tables de mortalité par souci de commensurabilité, ici 2060) au-delà de laquelle l'espérance de vie est calculée sur le mode du moment, par exemple :

$$EV_{65,2022}^{\text{générationnel}} = \sum_{k=0}^{38} q_{65+k,2022+k} + \sum_{k=39}^{55} q_{65+k,2060}$$

En d'autres termes, pour assurer la comparabilité des différents jeux de tables, on suppose que la mortalité se fige en 2060.

Les résultats d'espérances générationnelles du tableau ci-dessus ont donc tous un biais de sous-estimation. Malgré ce biais, l'espérance générationnelle reste le meilleur estimateur de l'espérance de vie réelle d'un individu.

À l'inverse les espérances du moment possèdent moins de « sens » mais elles représentent un indicateur plus facilement abordable pour comparer les tables entre elles (calcul homogène).

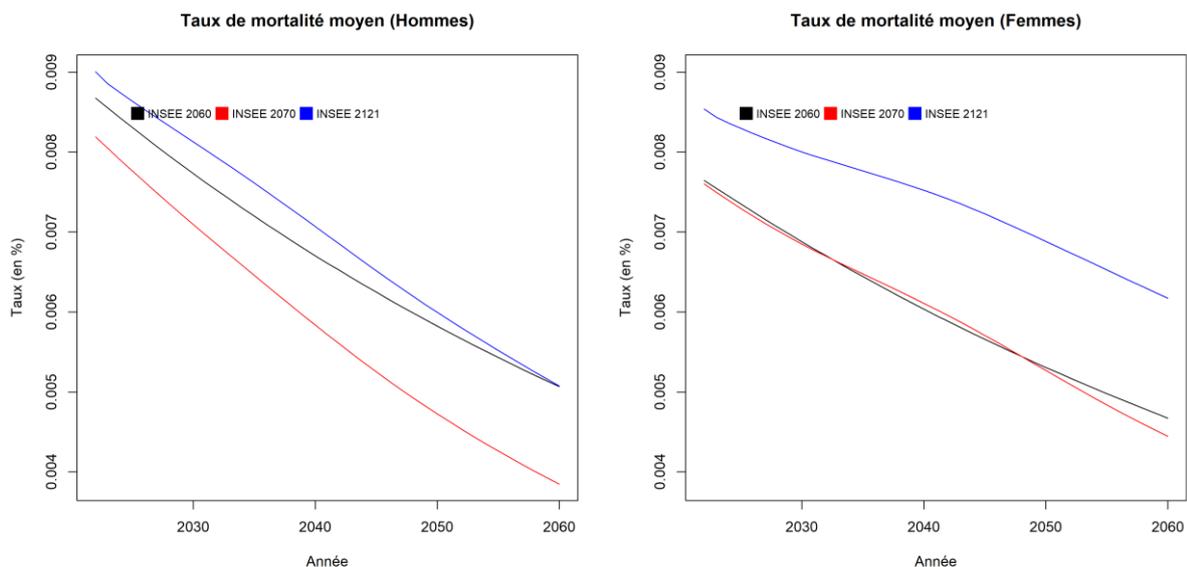
III.d. Évolution des quotients de mortalité

On peut quantifier l'évolution moyenne annuelle des quotients de mortalité par table en calculant pour chaque sexe s (Homme ou Femme) et à chaque année t l'indice suivant :

$$\vartheta_t = \frac{\sum_{0 \leq x \leq 120} q_{x,t}^s E_{pop}^{2022}(x, s)}{\sum_{0 \leq x \leq 120} E_{pop}^{2022}(x, s)}$$

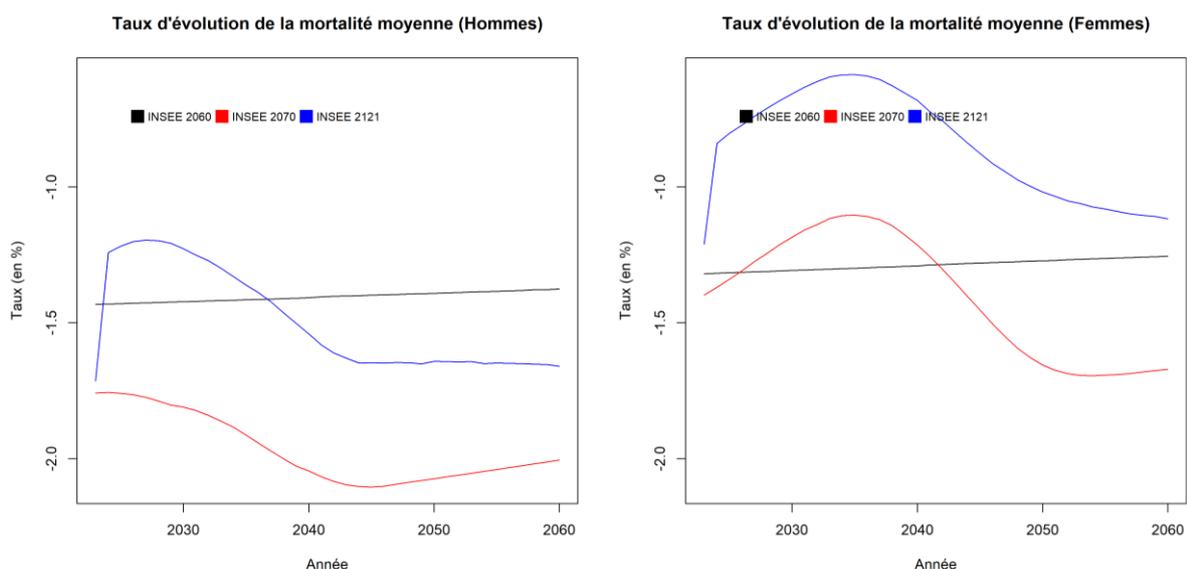
$2022 \leq t \leq 2060$, avec $E_{pop}^{2022}(x)$ le nombre de français de sexe s âgé de x ans en 2022. ϑ_t est comme le taux de mortalité du moment de l'année t sur la population française 2022.

Fig. 5 : Évolution annuelle moyenne du niveau de mortalité



On s'intéresse ensuite à la série $(\frac{\vartheta_{t+1}}{\vartheta_t} - 1)$, $2022 \leq t \leq 2059$, soit l'évolution moyenne annuelle des quotients de mortalité. On obtiens les séries suivantes :

Fig. 6 : Évolution annuelle moyenne du niveau relatif de mortalité



On note que :

- Pour la table INSEE 2060, l'indice d'évolution est linéaire, légèrement croissant. En effet pour cette table, la méthode de projection est uniforme annuellement (i.e. chaque catégorie de sexe/âge est projetée avec la même tendance en 2024 qu'en 2050 et ainsi de suite).
- Les courbes des tables INSEE 2121 et INSEE 2070 comprennent elles l'effet génération, essentiellement à l'origine de la forme en bosse de la courbe (très apparent chez les femmes). En effet ces quotients prennent en compte le comportement relativement constant des quotients observés pour les générations 1941-1955, d'où un rapprochement de la courbe vers 0, s'estompant progressivement à cause de la disparition des générations en question (de 2022 à 2040 pour les hommes et de 2035 à 2050 pour les femmes).
- La table INSEE 2121 est la seule dont la tendance n'est pas croissante vers 2060 (constant chez les hommes, décroissant chez les femmes), signifiant que l'INSEE prévoit que les rapports de mortlaté d'année en année vont se creuser (et non tendre vers plus de constance d'année en année).

IV. RÉFÉRENCES

Pour chaque exercice démographique de l'INSEE, on a mentionné successivement l'Insee Première associé (présentation synthétique des résultats de l'étude), le document de travail (compte rendu méthodologique de l'exercice) et l'Insee Résultats (publication des données et résultats).

- Projections de population 2007-2060 :

BLANPAIN N., CHARDON O. et al [2010] [Projections de population à l'horizon 2060 : Un tiers de la population âgé de plus de 60 ans](#). Insee Première N°1320

BLANPAIN N., CHARDON O. et al [2010] [Projections de population 2007-2060 pour la France métropolitaine : méthode et principaux résultats](#). Document de travail N°F1008

BLANPAIN N., CHARDON O. et al [2010] [Projections de population 2007-2060 pour la France métropolitaine](#). Insee Résultats – N°117

- Projections de populations 2013-2070

BLANPAIN N., BUISSON G. et al [2016] [Projections de population à l'horizon 2070 : Deux fois plus de personnes de 75 ans ou plus qu'en 2013](#). Insee Première N°1619

BLANPAIN N., BUISSON G. et al [2016] [Projections de population 2013-2070 pour la France : méthode et principaux résultats](#). Documents de travail N°F1606

BLANPAIN N., BUISSON G. et al [2016] [Projections de population 2013-2070 pour la France](#). Insee Résultats N°187

- Projections de populations 2021-2070

ALGAVA E., BLANPAIN N. et al [2021] [68,1 millions d'habitants en 2070 : une population un peu plus nombreuse qu'en 2021, mais plus âgée](#). Insee Première N°1881

ALGAVA E., BLANPAIN N. et al [2021] [Projections de population pour la France – Méthodes et hypothèses](#). Documents de travail N° 2021-05

ALGAVA E., BLANPAIN N. et al [2021] [Projections de population 2021-2070 : Résultats et pyramides des âges](#). Insee Résultats

- Autres références

BULCOURT M., LEMONNIER A., SOULAT L. [2022] [Espérance de vie des fonctionnaires territoriaux et hospitaliers : un regard sur des emplois spécifiques](#). QPS N°39 P.10-11

BLANPAIN N. [2022] [Tables de mortalité par génération en France](#). Insee Résultats

ROBERT-BOBEE I. et al [2006] [Projections de population 2005-2050 pour la France métropolitaine : méthode et résultats](#). Document de travail N°Fo603

V. ANNEXES : TABLES DE MORTALITÉ GÉNÉRATIONNELLES

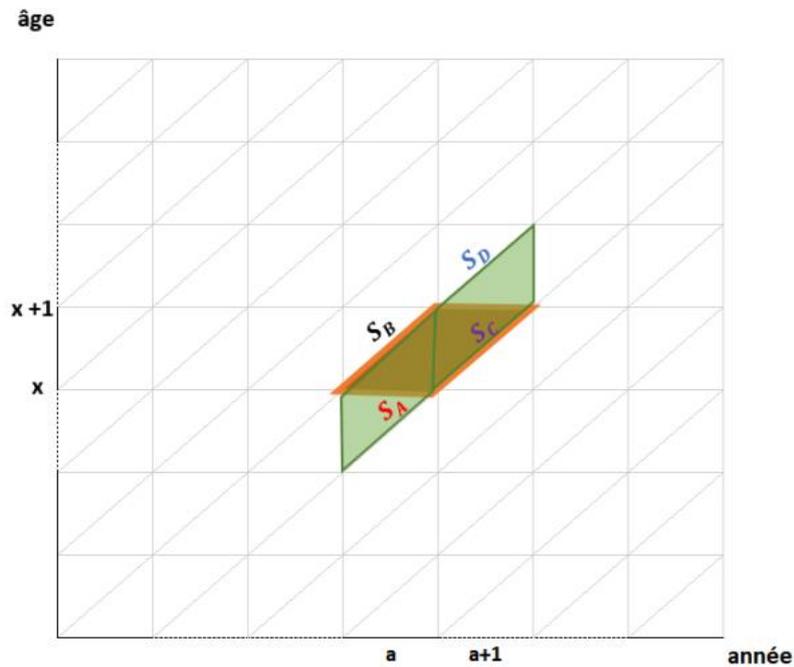
En plus des tables prospectives en vision du moment publié à chaque exercice de projections démographiques, l'INSEE a travaillé sur l'édification de tables de mortalité prospective générationnelles, en accord avec les remarques des experts émises lors des exercices de 2016. Ainsi, en 2022, l'INSEE republiait les données par sexe de mortalités de son exercice 2021, mais dans une vision générationnelle contenant :

- Quotient de mortalité pour 100 000 par âge révolu (0 à 120 ans) et année de naissance (1806 à 2022)
- Survivant par âge révolu et année de naissance (réécriture de la ligne précédente)
- Espérance de vie par âge révolu et année de naissance

Ceci selon les quatre scénarios de l'exercice 2021 (espérance basse, espérance centrale, espérance haute, espérance constante).

Comme remarqué, ces données ne sont qu'une réécriture des données de mortalité publiée en 2021 lors des travaux de projection démographiques. Néanmoins, les quotients y sont exprimés par génération et par âge révolu (et non par âge atteint comme dans l'exercice 2021), cad $q_{65,2022}$ représente le taux de mortalité des individus d'une même génération (même année de naissance) qui avaient (ou aurait eu) 65 ans (entre 65 ans exactement et 65 ans et 364 jours) le 31/12/2022. De ce fait, il est impossible de retrouver la table INSEE 2121 avec ces quotients par une simple translation de variable de type $q_{x,t}^{moment} = q_{x,g}^{génération}$, avec $g = t - x$. Passer de quotients âge atteint à des quotients âge révolu implique de connaître pour chaque année a les proportions p de décès à l'âge atteint x pendant l'année a ayant eu lieu avant l'âge révolu x , ainsi que les proportions p' de décès à l'âge atteint $x+1$ pendant l'année $a+1$ ayant eu lieu avant l'âge révolu $x+1$. La formule est la suivante :

Fig. 7 : Formule du passage de quotients âges atteints (vert sur le diagramme) en quotients âge révolus (rouge sur le diagramme)



$$q_x = 1 - \frac{S_B}{S_A - p * (S_B - S_A)} * \frac{S_C - p' * (S_C - S_D)}{S_C}$$

Cela dit, cette transformation n'a aucun impact sur les tendances et l'évolution des quotients de mortalité, son importance est donc limitée.