

# L'épidémie de Covid-19 a eu un impact relativement faible sur la mortalité en France

---

Laurent Toubiana<sup>a,b</sup>, Laurent Mucchielli<sup>c</sup>, Pierre Chaillot<sup>d,\*</sup>, Jacques Bouaud<sup>a,e\*</sup>

<sup>a</sup> Inserm, Sorbonne Université, Université Sorbonne Paris Nord, UMR S\_1142, LIMICS, Paris, France,

<sup>b</sup> IRSAN, Institut pour la valorisation des Données de Santé, Paris, France,

<sup>c</sup> CNRS, Centre méditerranéen de sociologie, de science politique et d'histoire, UMR 7305, LAMES, Aix-Marseille Universités, France,

<sup>d</sup> INSEE, Institut national de la statistique et des études économiques, Paris, France,

<sup>e</sup> AP-HP, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris, DRCI, Paris, France

All authors contributed equally to the work

Correspondence to:

Laurent TOUBIANA

INSERM UMRS 1142 LIMICS

Campus des Cordeliers

15, rue de l'école de médecine

75006 Paris

France

[laurent.toubiana@inserm.fr](mailto:laurent.toubiana@inserm.fr)

\* Les jugements et opinions exprimés par les auteurs n'engagent qu'eux-mêmes, et non les institutions auxquelles ils appartiennent

## Résumé

**Contexte :** L'arrivée de l'épidémie de Covid-19 en France a provoqué la mise en place dans l'urgence, d'un confinement généralisé de la population. Cette contrainte (et d'autres par la suite) a été acceptée étant donné l'anxiété induite par le spectre d'une catastrophe sanitaire. Après une année d'une crise sans précédent, quel a été l'impact réel de l'épidémie ? Pour évaluer la gravité d'un fléau, la référence absolue est la mortalité. Cet article analyse la surmortalité liée à la Covid-19, en France, en 2020.

**Matériels et méthodes :** Cet article se fonde essentiellement sur les séries temporelles démographiques i) de la population par âge et ii) du nombre de décès quotidiens depuis 1962. Le décompte officiel des décès attribués à la maladie Covid-19 s'avère inutilisable pour mesurer l'impact réel de l'épidémie car les facteurs de confusion dus aux comorbidités biaisent ces données. De fait, une part importante des décès attribués en 2020 au Covid-19 se serait inéluctablement produite pour d'autres causes, même en l'absence de cette épidémie. L'analyse de la surmortalité toutes causes confondues s'exonère de ce biais. Nous comparons, la surmortalité de cette épidémie aux autres épisodes habituels de surmortalité saisonnière (maladies infectieuses et canicules) et à leurs effets de moisson (« harvesting »). Ces estimations obligent à tenir compte de l'évolution de la structure de la population française marquée par un vieillissement et donc une augmentation tendancielle de la mortalité.

**Résultats :** L'année 2020 n'a connu aucune surmortalité (voire une sous-mortalité) chez les personnes âgées de moins de 65 ans (qui représentent environ 80% de la population totale). Seuls les âges les plus avancés ont connu une surmortalité. La surmortalité maximale est atteinte par la classe d'âge 70-74 ans avec 3 109 décès en excès par rapport aux 58 327 attendus pour cette classe d'âge (soit 5,58 %). Au passage de l'épidémie de Covid-19, pour la population française dans son ensemble, les auteurs estiment à 3,66 %, l'excès par rapport à la mortalité attendue en 2020.

**Discussion :** 3,66 % de surmortalité représente environ 23 mille morts en excès sur les 629,5 mille attendus normalement en 2020. Ces chiffres doivent être mis en perspective avec les 400 mille morts annoncés par le Président de la République Française en octobre 2020 pour justifier la mise en place du deuxième confinement. L'année 2019 avait montré en revanche, un défaut de mortalité maximum de -2,92 % directement lié à l'effet de moisson des épisodes grippaux de 2015 et 2017. La surmortalité observée en 2020 au passage de l'épidémie de Covid-19 serait en partie, un rattrapage du défaut de mortalité de 2019. Utiliser la mortalité de 2019 en tant qu'élément de comparaison pour estimer l'impact de l'épidémie en 2020 comme cela est pratiqué couramment, est donc une simplification doublement biaisée.

**Conclusion :** L'épidémie qui touché la France en 2020, montre une surmortalité nulle pour les moins de 65 ans (soit 80 % de la population) et très faible pour les plus de 65 ans (au maximum de 3,34 % d'excès pour cette classe d'âge). Ce résultat est très loin des hécatombes annoncées et pour laquelle des mesures sanitaires disproportionnées ont été mises en œuvre.

**Mots-clefs :** Covid-19 – Mortalité – Surmortalité – Vieillissement – Effet de moisson – Structure de la population – Immunosénescence.

# Introduction

Un nouveau virus, le SARS-CoV-2, a émergé dans les populations humaines à la fin de l'année 2019. Il a été détecté, identifié puis signalé dans la ville de Wuhan, dans la province de Hubei en Chine. Le 11 mars 2020, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a déclaré l'état de pandémie d'une nouvelle maladie atteignant les voies respiratoires nommée Covid-19<sup>1</sup>.

Lorsque l'épidémie arrive en France autour du 15 février 2020, sa diffusion est très rapide. Les autorités de santé ont été étrangement surprises par le nombre de personnes hospitalisées et décédées en une courte période. Pourtant, ce constat est récurrent, il se produit systématiquement lors des épidémies annuelles de syndromes grippaux<sup>2,3,4,5</sup>. En quelques jours, la population française a été confrontée à une grande désillusion, prenant conscience des carences de son système de santé, en l'occurrence la saturation rapide des services hospitaliers. Dans la confusion, le désarroi, le manque de moyens (pas de test, pas de masque, etc.) les autorités ont décidé en urgence le 17 mars 2020, le confinement généralisé de la population. Ainsi, du jour au lendemain, pour la première fois dans l'histoire de l'humanité à cette échelle, sans réel fondement scientifique, la population française a été soumise à des mesures très contraignantes. De telles contraintes ont été acceptées étant donnée l'anxiété hypertrophiée de la menace par le spectre d'une catastrophe sanitaire sans précédent.

Pour évaluer la gravité d'un fléau au niveau d'une population, la référence absolue est la mortalité. Tous les événements catastrophiques connus : maladies chroniques (cancers, tabagisme), infectieuses (épidémies : peste, choléra, sida, Ébola, SARS), environnementaux et sociaux (canicules, pollutions, accidents, suicides, guerres) sont quantifiés par un dénominateur commun : le nombre de morts qu'ils provoquent.

En épidémiologie, l'estimation de la surmortalité est utilisée pour évaluer l'impact d'un événement sanitaire. La surmortalité, ou l'excès de mortalité, est différence entre le « nombre de décès observés » lors du passage d'un événement sanitaire important et le nombre de « décès attendus » pour la même période. Cette méthode a permis par exemple, d'évaluer la surmortalité lors de l'épisode de canicule de 2003<sup>6,7</sup>. Par ailleurs, nous montrerons que la prise en compte de l'évolution de la structure d'âge en France apporte des éléments essentiels à l'éclairage de ce bilan. Avec un an de recul sur cette crise, nous pouvons désormais mesurer l'impact de son passage.

Nous montrerons que la catastrophe annoncée<sup>8</sup> n'est pas arrivée. Certes les promoteurs des mesures de confinement prétendent que les mesures mises en place ont montré leur efficacité mais ils sont dans l'incapacité de le démontrer par des voies scientifiques et d'aller au-delà de la prophétie auto-réalisatrice. Au contraire, de nombreux éléments émergent pour montrer que les mesures mises en place ont été bien plus délétères que salutaires. Comme nous l'avions annoncé dès le 11 mars 2020<sup>9</sup>, et aujourd'hui avec le bilan 2020 de la mortalité, le Covid-19 a toutes les caractéristiques d'une virose relativement banale au regard de l'hécatombe promise et pour laquelle des mesures sanitaires disproportionnées ont été mises en œuvre.

## Matériel et méthode

### Les chiffres de la mortalité en France

La France dispose d'un système d'enregistrement statistique des décès particulièrement précis : le Répertoire National d'Identification des Personnes Physiques (RNIPP). Ce système est géré par l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), à qui chaque commune française doit signaler tout décès dans un délai d'une semaine, par courrier papier ou de plus en plus souvent par la voie électronique (qui correspondait en 2020 à 88% des transmissions et 90% des décès totaux). Jusqu'en 2020, l'Insee publiait ainsi tous les mois le nombre de décès enregistrés.

Depuis la déclaration officielle de pandémie de Covid-19, l'Insee a cependant décidé de diffuser quasiment en temps réel ces statistiques de décès à l'échelle départementale, et de faire les mises à jour régulièrement<sup>10</sup>. Les avis de décès transmis par les communes précisent notamment les noms et prénoms, le sexe, l'âge, la nationalité, l'activité, l'état matrimonial et le lieu de décès des personnes (domicile, hôpital public, clinique privée, maison de retraite, voie ou lieu public). Ils ne précisent pas toutefois à ce stade les causes de décès.

En France, le CepidDC de l'Inserm (Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de Décès ; Institut national de la santé et de la recherche médicale) assure le recueil de la mortalité par causes de décès. Ces données sont indiquées dans le « certificat médical confidentiel de décès » qui doit être rempli et signé par un médecin (à défaut un étudiant de troisième cycle en médecine) avant la fermeture du cercueil, et qui est transmis de façon anonymisée à l'Inserm qui, à son tour, renseigne l'Agence nationale de santé publique (Santé Publique France [SPF]) en charge de la surveillance épidémiologique de la population. Dans ce cas, seuls les certificats remontés par la voie électronique sont transmis à SPF. Parmi eux, SPF a constitué ces dernières années un échantillon de 3 062 communes avec lesquelles cette transmission électronique est stabilisée et qui représentent 77,5% de la mortalité totale du pays<sup>11</sup>. Dans son Bulletin d'information du 18 mars 2021, SPF indique ainsi avoir reçu, entre le 1<sup>er</sup> mars 2020 et le 15 mars 2021, 39 568 certificats contenant une mention de Covid-19 parmi les causes médicales de décès renseignées<sup>10</sup>. Toutefois, les certificats de décès mentionnent généralement plusieurs causes, qu'elles soient mises sur le même plan, ou hiérarchisées en une cause « initiale » et des causes « associées »<sup>12</sup>. Dans le cas des décès classés « Covid-19 », dans 65 % des cas (soit plus de deux tiers des situations), les certificats révèlent la présence de comorbidités importantes connues (pathologies cardiaques, hypertension artérielle, diabète sévère, pathologies rénales et respiratoires, etc.). La présence de ces comorbidités induit un facteur de confusion ne permettant pas de différencier les décès.

Ainsi, les individus décédés sont-ils morts à la suite d'une forme grave de la maladie (personnes mortes de l'infection au coronavirus) ou bien, sont-ils morts des suites d'une autre maladie mais ayant été testé positif récemment (personnes mortes avec une infection au coronavirus) ? Ce distinguo est très important car, en attribuant à l'épidémie tous les décès de personnes ayant fait un test positif, l'on surévalue la mortalité liée à la Covid-19. Pour contourner ce biais, il faut donc étudier l'évolution de la mortalité générale sur plusieurs années et raisonner en termes de surmortalité toutes causes confondues.

## L'évolution de la mortalité en France est liée à celle de la structure de la population

La population française vieillit, c'est-à-dire que la proportion de personnes âgées dans la population augmente avec le temps. Les raisons principales sont : i) l'allongement continu mais conjoncturel de la durée de vie au cours du 20<sup>e</sup> siècle, ii) l'arrivée de la génération à fort effectif des « baby-boomers » dans les tranches d'âge supérieures à 60 ans, iii) le nombre de naissances en baisse régulière depuis 20 ans. La figure (Fig. 1) permet d'abord de visualiser les pics de mortalité qui sont survenus assez régulièrement depuis un siècle, correspondant soit à des épidémies hivernales de type grippal (la plus marquante en France étant la grippe de Hong-Kong en 1969-1970), soit à des épisodes estivaux de canicule (le plus marquant en 2003). Elle montre aussi les effets récurrents des épidémies de grippe hivernales sur la mortalité, avec une certaine régularité dans l'alternance des années de pics de mortalité (1949, 51, 53, 56, 62, 69, 71, 73, plus récemment 2013, 2015, 2017) suivies de celles de baisses dites années de « récupération ».

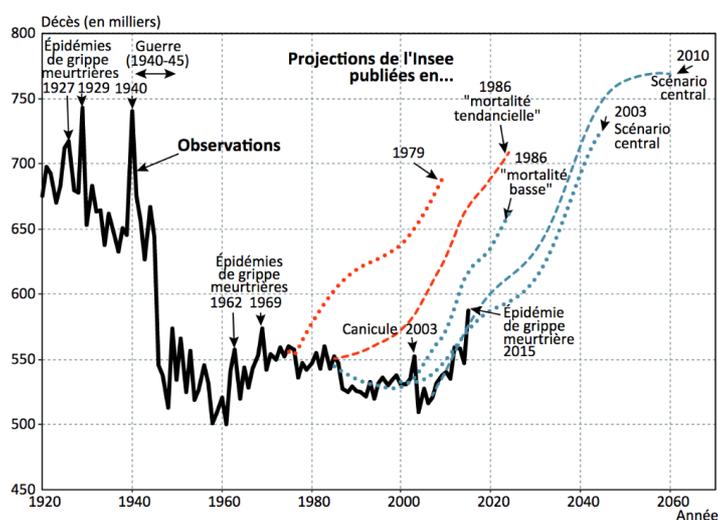


Fig. 1: Évolution du nombre de décès annuels de 1920 à 2060

Source : Pison et Toulemon (2016).

Champ : France métropolitaine

Note de lecture : La courbe noire montre l'évolution du nombre annuel de décès sur laquelle ont été pointés certains pics de mortalité. Il est possible de distinguer les successions d'années à forte mortalité immédiatement suivies d'années à plus faible mortalité qui donne cette impression de « dents de scie ». Les courbes en pointillé représentent les projections de mortalité telles qu'elles avaient été estimées en : i) 1979 (points rouges), ii) 1986 (tirets rouges et points bleus), iii) 2003 (points bleus), iv) 2010 (tirets bleus). Toutes ces projections montrent une croissance attendue de la mortalité. Les scénarios de 2003 et de 2010 semblent les plus proches de la réalité et la tendance effectivement observée jusqu'en 2020.

Nous reviendrons sur cet effet de moisson. Mais la figure propose également des scénarios d'évolution démographique. Elle est reprise d'un article publié en 2016 par deux démographes, intitulé « Le nombre de décès va augmenter en France dans les prochaines années »<sup>13</sup> qui proposaient plusieurs projections de l'évolution de la mortalité qui montrant une augmentation rapide du nombre de décès. Le graphique de la figure (Fig. 1), qui s'en inspire, représente le nombre de décès en France entre 1920 et 2015 (courbe noire). Le dernier point représente le décompte du nombre de décès observés de l'année 2015. Il est noté « Epidémie de grippe meurtrière 2015 ». En cette année 2015, le nombre de décès dépassait celui atteint au point noté « Epidémie de grippe meurtrière 1969 ». À ce stade, et sur la simple observation, se dégage une nette tendance à l'augmentation depuis 2004. Dans leur article, les auteurs expliquent que la faible mortalité observée pendant près de 50 ans était conjoncturellement liée au gain exceptionnel d'espérance de vie. Cet effet de transition démographique arrive à son terme et la mortalité entame mécaniquement une phase de croissance d'autant plus forte que les importantes générations liées au « Baby-Boom » d'après-guerre arrivent dans les âges où le taux de mortalité augmente rapidement.

Les 5 années suivantes, de 2015 à 2020 ont confirmé l'hypothèse car l'augmentation régulière de la mortalité s'est poursuivie avec un nombre brut de décès augmentant régulièrement. En l'absence d'événement catastrophique sur la période, ceci traduit le vieillissement progressif de la population. La relative stabilité de la mortalité autour de 530 000 décès pendant environ 50 ans s'est clairement achevée après 2004. A partir de là, le nombre de décès augmente en moyenne de 2 % par an. En 2016, l'épidémie est « peu meurtrière » mais la mortalité est forte car compensée par la tendance haussière. Puis en 2017, c'est une

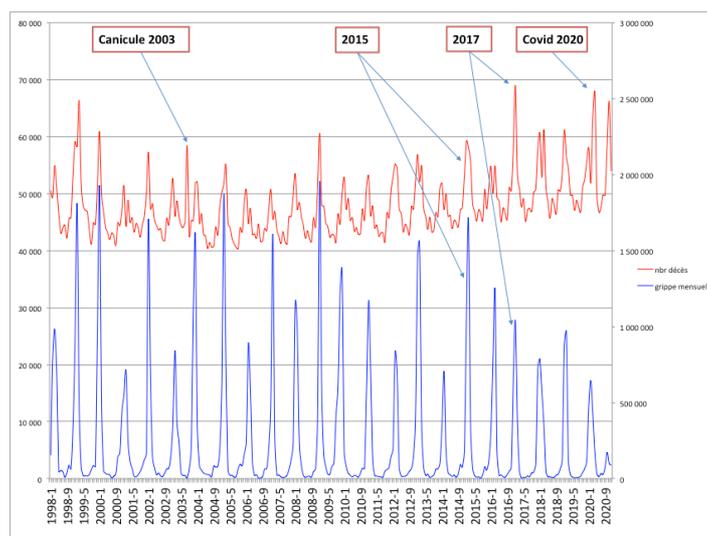
nouvelle « épidémie meurtrière » suivie de 2 années (2018 et 2019 avec peu de morts). Il apparaît en effet que, malgré les campagnes de vaccination, les grippes saisonnières ont entraîné un surcroît de décès annuel d'environ 20 000 personnes<sup>14</sup>.

## Effet des événements sanitaires sur la mortalité d'une population vieillissante

Les progrès de la médecine (notamment cardio-vasculaire) et des conditions de vie ont permis un allongement de l'espérance de vie inédit à l'échelle historique<sup>15</sup>. Ils ne peuvent toutefois ni la prolonger indéfiniment (l'allongement de l'espérance de vie ralentit déjà en Occident ces dernières années, voire s'inverse comme aux Etats-Unis<sup>16</sup>), ni contrer le principe même du vieillissement et de la mort qui finit fatalement par en résulter. Les personnes âgées en fin de vie, devenues immunodéprimées voire même immunosénescents, seront toujours particulièrement exposées à ces maladies contagieuses, notamment les maladies infectieuses de type grippal<sup>17,18</sup>. C'est également dans ces âges les plus avancés de la vie que les épidémies provoquent le plus de décès. Les maladies infectieuses sont par ailleurs souvent saisonnières<sup>19</sup>. Dans l'hémisphère nord, les infections respiratoires sont plus fortes en hiver en raison de la température de l'air et de la fragilisation des systèmes immunitaires<sup>20</sup>. Ces pics de mortalité sont aisément repérables. Ils correspondent aussi aux pics d'épidémies hivernales avec lesquelles ils sont synchronisés.

La figure (Fig. 2) ci-dessus rappelle qu'il existe depuis toujours de très importantes variations saisonnières de la mortalité, avec en particulier des pics hivernaux quasi systématiques liés aux maladies infectieuses et contagieuses comme les grippes (entre décembre et mars) et des pics estivaux liés aux canicules (avec un maximum généralement atteint fin juillet-début août). On constate en particulier que les minima toujours atteints en été sont systématiquement suivis de ré-augmentations en automne et hiver (avec des hausses importantes qui démarrent toujours en octobre-novembre). La situation de 2020 (marquée par une ré-augmentation importante du nombre de morts à partir de la mi-octobre) n'est donc pas inédite dans son principe à l'échelle nationale. Elle correspond peu ou prou à ce qui se produit chaque année.

La figure montre en outre que le pic mensuel le plus élevé sur cette quinzaine d'années n'est pas survenue à l'hiver 2019-2020 avec l'épidémie de Covid-19 mais lors de la grippe de l'hiver 2016-2017 (68 969 morts en janvier 2017 contre 67 537 en avril 2020).



**Fig. 2 : Évolution mensuelle des syndromes grippaux et de la mortalité en France de 1998 à 2020**

Source : Insee, Indicateurs démographiques, Insem réseau Sentinelles, calculs et mise en forme des auteurs

Champ : France métropolitaine

Note de lecture : La courbe bleue montre l'évolution mensuelle des syndromes grippaux (échelle à droite de 0 à 3 millions) et celle en rouge indique l'évolution de la mortalité (échelle à gauche de 0 à 80 mille). La mortalité se synchronise sur les syndromes grippaux faisant mourir en une période relativement courte un grand nombre de personnes fragiles ou âgées. Les épidémies qui suivent une année à forte mortalité ont moins d'impact.

Enfin, on observe que les deux pics de mortalité dus aux épidémies de Covid-19 ne sont apparemment pas différents de ceux produit par les épidémies de grippe même s'ils ont eu lieu en dehors des périodes habituellement constatées, en fin de la saison hivernale 2019-2020 et en début de la saison hivernale 2020-2021. Toutefois, l'épidémie particulièrement sévère de 2014-2015 fut également tardive : elle se poursuivit jusqu'en mars. L'épidémie H1N1, quant à elle, était arrivée précocement : dès septembre 2009. La relative spécificité de l'épidémie de coronavirus est plutôt que deux épidémies se sont produites dans la même année civile, ce qui est rare et s'explique très probablement par les fortes capacités de mutations dans les échanges intra spécifiques qui caractérisent les coronavirus<sup>21</sup>. Cela ne s'était pas constaté depuis l'épidémie de grippe de 1989.

## Effet de moisson

La mortalité induite par la Covid-19 est très clairement liée à la vieillesse et aux maladies graves préexistantes. Ainsi, près de 90 % des personnes admises en réanimation et 65 % des personnes décédées en lien avec l'épidémie de Covid-19 présentaient au moins une comorbidité, les principales étant métaboliques, cardiovasculaires ou respiratoires<sup>22</sup>. Par ailleurs, l'âge médian au décès à l'hôpital des malades de l'épidémie de coronavirus est de 85 ans et près de 92,5 % des personnes avaient 65 ans et plus.

Lors d'un événement sanitaire fort (épidémie, canicule), les personnes âgées et fragiles meurent de manière ciblée et « synchronisée » sur une période relativement courte. Ce phénomène s'appelle l'effet de moisson ou « harvesting »<sup>23</sup>. Ceci conduit à un épuisement temporaire de cette catégorie de population, qui peut être visible parfois sur plusieurs années. Cet effet récurrent d'alternance entre des années à forte et à faible mortalité est durable. La figure (Fig. 1) le montre assez distinctement. Ainsi, la forte mortalité de 2017 a eu pour conséquence une faible mortalité en 2018 puis en 2019. Les sous-mortalités des 2018 et 2019 sont assimilées à une sorte de « répit » pendant laquelle la population des individus plus âgés et fragiles a augmenté. Les comparaisons sont donc biaisées si ces années sont utilisées comme référence. C'est pourtant étrangement ce que l'Insee pratique comme cela est expliqué sur son site sur la page sur le suivi de l'évolution du nombre de décès : « ...Pour suivre l'évolution de la mortalité en 2021, l'Insee fait le choix de privilégier la comparaison avec l'année 2019... »<sup>24</sup>. Lorsque le coronavirus arrive en 2020, on observe un effet de surmortalité important comme cela s'est produit lors des épidémies de grippe de 2015 et 2017.

## Structure de la population française et mortalité par âge

L'année 2020 a donc pour principale spécificité par rapport aux années précédentes le fait de cumuler deux épidémies. Mais la surmortalité qui en résulte est-elle de même nature que les années précédentes, à savoir le « fauchage » des fractions les plus âgées et fragiles de la population ? Concerne-t-elle les mêmes catégories de personnes ou bien constitue-t-elle une menace d'un genre nouveau comme l'a affirmé l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) au début de la crise ? Pour le savoir, nous allons distinguer deux classes d'âge choisies spécifiquement pour la mise en évidence des particularités de la mortalité en France :

1) La classe d'âge regroupant les individus nés en 1955 et après, donc âgés de 65 ans et moins. Ils représentent la part « active » de la société, c'est-à-dire les enfants, les « jeunes » et les personnes dans la « force de l'âge ». En 2020, cette classe d'âge représentait 80,5 % de la population française et a contribué à 15,7 % des décès cette même année.

2) La classe d'âge regroupant les individus nés avant 1955, donc âgés de plus de 65 ans. Ils sont désormais arrivés pour la plus grande partie à l'âge de la retraite. Ils ont connu une forte augmentation de leur espérance de vie depuis 50 ans. Ceux d'entre eux nés entre 1946 et 1955 font partie d'une grande cohorte appelée les « baby-boomers ». Toujours en 2020, alors que cette classe d'âge ne représentait que 19,45 % de la population française. Sa contribution à la mortalité a été de 84,3 %.

La figure (Fig. 3) montre les tendances de l'évolution des proportions de ces deux classes d'âge au cours des dix dernières années. La classe d'âge des moins de 65 ans voit sa proportion baisser régulièrement. Inversement, la classe d'âge des plus de 65 ans voit sa proportion augmenter symétriquement.

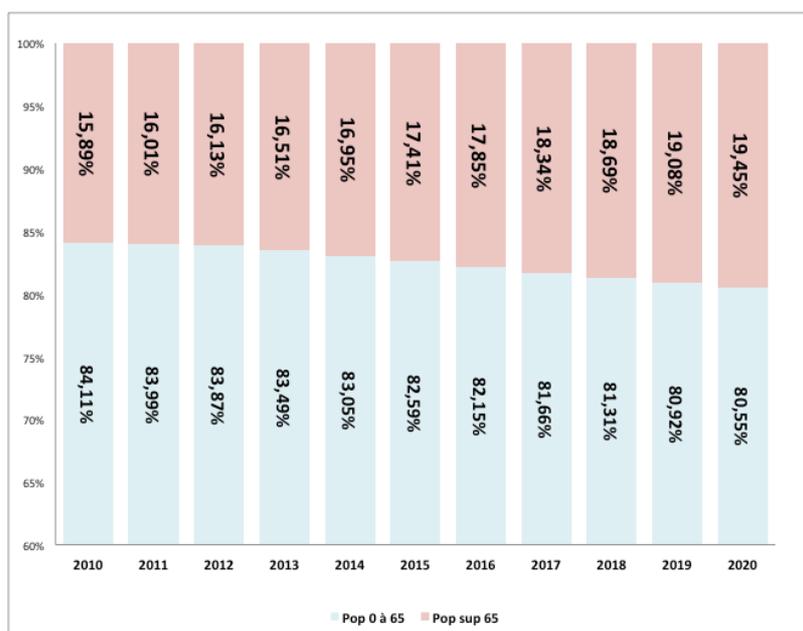


Fig. 3 : Evolution de la proportion des 65 ans et moins et des plus de 65 ans dans la population française

Source : Insee, indicateurs démographiques, calculs et mise en forme des auteurs.  
Champ : France métropolitaine

Le taux de mortalité pour un groupe et une période donnée est le rapport entre le nombre d'individus du groupe décédés au cours de la période rapporté à la population totale de ce groupe pendant la période. Le taux de mortalité annuel moyen pour toute la population française en 2020 est de 1,004 %, il était de 1,166 % en 1962, il a atteint un minimum en 2004 avec 0,842 % et depuis ne fait qu'augmenter régulièrement. A titre de comparaison, il a été de 0,922 % en 2019, de 0,920 en 2018, de 0,918 % en 2017. Pour les individus âgés de moins de 65 ans, le taux de mortalité annuel moyen en 2020 est de 0,17 % mais il est de 4,18 % pour les plus de 65 ans (il atteint près de 35 % pour les individus de plus de 95 ans). La figure (Fig. 4) montre l'évolution des taux de mortalité en fonction de l'âge en 2020. Il augmente de manière exponentielle en fonction de l'âge.

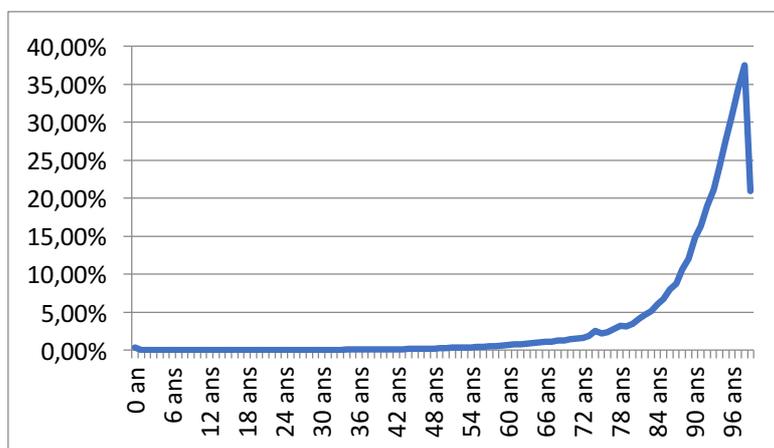


Fig. 4 : Taux de mortalité en fonction de l'âge en 2020

Source : Insee, indicateurs démographiques, calculs et mise en forme des auteurs  
 Champ : France métropolitaine

Inversement, le nombre attendu de décès pour une année donnée est estimé par le nombre de personnes vivantes au début de l'année multiplié par leur taux de mortalité attendu. Ainsi, plus le nombre de personnes âgées augmente, plus le nombre de morts augmente. Comme évoqué précédemment, le nombre de personnes âgées a beaucoup augmenté ces 5 dernières années, alors que celui des personnes jeunes a baissé. Il faut donc tenir compte de cette variation, car elle augmente spontanément le nombre total de décès chaque année. Cet effet doit donc être pris en compte lors du calcul de surmortalité.

### Estimation de la surmortalité

En épidémiologie, la surmortalité (ou l'excès de mortalité) est estimée par la différence entre le « nombre de décès observés » au cours d'une période d'étude et le nombre de « décès attendus » pour la même. La question du calcul du nombre de décès attendu revêt dès lors une importance capitale. Réaliser ce calcul consiste à utiliser un modèle statistique capable de prédire ce nombre attendu qui servira de référence pour évaluer la surmortalité. Nous utilisons la méthode décrite dans le rapport sur l'estimation de la surmortalité et principales caractéristiques épidémiologiques de la surmortalité liée à la canicule d'août 2003<sup>6,7</sup>. Dans le cadre de notre étude nous évaluons la valeur de référence sur la moyenne des décès observés sur plusieurs années ; les 3 et 5 années qui précèdent l'année de l'étude (2020). Par ailleurs, il est important de tenir compte de l'évolution démographique de la population par tranche d'âge. Dans notre étude, nous effectuerons 2 estimations en tenant compte des taux de mortalité pour les années de référence, l'une se fondant sur des classes d'âge de 5 ans et l'autre, plus précise, sur tous les âges (ou classe d'âge de 1 ans) regroupés en 2 catégories i) les moins de 65 ans et ii) les 65 ans et plus. On calcule pour ces périodes, les valeurs des intervalles de confiance pour tenir compte de leur variabilité. Toute valeur observée comprise dans l'intervalle de confiance de la valeur prédite est considérée comme attendue, quelques soient les différences constatées. En revanche, l'excès (ou le défaut) de la variable étudiée est la somme des valeurs se situant au-delà des bornes définies par l'intervalle de confiance autour de la valeur prédite.

Pour comprendre l'évolution de la mortalité à courts et longs termes, il faut donc évaluer les conséquences des événements susceptibles de susciter des excédents conjoncturels de mortalité selon les années (épidémies et canicules). Mais il faut également tenir compte de l'évolution de la structure de la population, en particulier son vieillissement qui modifie au fil du temps la pyramide des âges. La structure démographique a ainsi une importance considérable pour anticiper le nombre de décès auquel il faut s'attendre<sup>25,26</sup>. La croissance de la mortalité est dépendante de cette structure, elle est induite indépendamment de la survenue d'une épidémie mais se trouve amplifiée lorsque survient un événement sanitaire important qui provoque une augmentation passagère du nombre de décès dans les populations les plus fragiles<sup>27,28</sup>. L'analyse de la mortalité, et plus précisément de la « surmortalité » toutes causes confondues, en tenant compte de l'évolution de la population et donc de l'augmentation « mécanique » du nombre de morts étant donné le vieillissement et la morbidité générale de la population<sup>29</sup>, doit permettre de mesurer l'impact réel de l'épidémie de Covid-19.

Cette approche approfondie de l'étude de la surmortalité module considérablement des approches simplistes qui consisteraient par exemple à comparer brutalement l'évolution d'une année sur l'autre (2020 par rapport à 2019). C'est ainsi que des démographes pourtant expérimentés n'hésitent pas à maximiser considérablement l'effet d'un événement par des calculs rudimentaires<sup>30</sup>.

## Résultat

La population française métropolitaine au 1<sup>er</sup> janvier 2020 était de 65 123 843. Entre le 1<sup>er</sup> janvier et le 31 décembre 2020, 654 016 individus sont morts toutes causes confondues, soit un taux de mortalité moyen annuel de 1,00 %. Pendant la même période, 64 632 individus ont été comptabilisés comme morts attribués à la maladie Covid-19 (dont 44 852 hospitalisés)<sup>31</sup>. Un calcul sommaire estimerait que 9,88 % des morts seraient attribués à l'épidémie de Covid-19 parmi l'ensemble des décès recensés en France. Mais une telle estimation est entachée de biais de qualification. Comme nous l'avons expliqué plus haut, ce nombre est maximisé par la non prise en compte des comorbidités. En effet, les décès par Covid-19 ont frappé principalement des personnes fragiles souffrant d'autres maladies. La plupart d'entre elles seraient inéluctablement décédées en 2020, même en l'absence d'épidémie de Covid-19. On aurait alors attribué leur décès à une autre cause (diabète, maladie cardiovasculaire, insuffisance respiratoire, etc.).

La « valeur attendue » en France en 2020 par rapport aux 3 dernières années (2017-19) est de 629 490 [628 011 ; 630 970] décès (cf. tableau 1a). Nous estimons une surmortalité entre 23 046 et 16 309 décès en excès pour l'ensemble de la population selon le mode de calcul effectué respectivement i) sur les tranches d'âge ou ii) en tenant compte de l'évolution de la pyramide par âge. Ainsi, le passage de l'épidémie de Covid-19 aura causé en 2020 une augmentation entre 3,66 % et 2,59 % (selon le mode de calcul plus ou moins fin) par rapport à l'attendu. Mais tout change selon l'âge. Le tableau 2 montre que ce sont les classes d'âge supérieur à 65 ans qui ont connu la plus forte surmortalité. Nous pouvons donc partager la population entre deux ensembles de plus ou moins de 65 ans, selon que les individus ont connu ou non une surmortalité en 2020. La valeur attendue en 2020 de décès d'individus âgés de plus de 65 ans était de 536 279 [528 940 ; 543 618]. La valeur observée pour cette classe d'âge a été de 561 538 décès soit un excédent (calculé sur les excès de chaque âge d'où la légère différence avec un calcul direct sur la tranche d'âge) de 17 920 (3,34 %).

**Tableau 1a : Evaluation de la surmortalité en 2020 (3 années de référence : 2017-19)**

Classe d'âge	Population en million d'habitants	Décès attendus	Décès observés	Décès en excès sur classe d'âge	Décès en excès par âge
0-64 ans	51,68 (79,36 %)	93 211 [91 612 ; 94 810]	92 478	0 % [0 % ; 0 %]	- 705 (-0,76 % [-0,74 % ; -0,77 %])
65-99 ans	13,44 (20,64 %)	536 279 [528 940 ; 543 618]	561 538	17 920 (3,34 % [3,3 % ; 3,39 %])	17 013 (3,17 % [3,13 % ; 3,22 %])
Somme	65,12 (100 %)	629 490 [628 011 ; 630 970]	654 016	23 046 (3,66 % [3,65 % ; 3,67 %])	16 309 (2,59 % [2,58 % ; 2,6 %])

**Tableau 1b : Evaluation de la surmortalité en 2019 (3 années de référence : 2016-18)**

Classe d'âge	Population en million d'habitants	Décès attendus	Décès observés	Décès en excès sur classe d'âge	Décès en excès par âge
0-64 ans	51,82 (79,74 %)	94 662 [93 613 ; 95 712]	91 338	-2 275 (-2,4 % [-2,38 % ; -2,43 %])	-1 659 (-1,75 % [-1,73 % ; -1,77 %])
65-99 ans	13,17 (20,26 %)	530 591 [526 341 ; 534 842]	508 070	-18 271 (-3,44 % [-3,42 % ; -3,47 %])	-2 419 (-0,46 % [-0,45 % ; -0,46 %])
Somme	64,99 (100 %)	625 254 [617 657 ; 632 850]	599 408	-18 249 (-2,92 % [-2,88 % ; -2,95 %])	-4 079 (-0,65 % [-0,64 % ; -0,66 %])

**Tableau 1c : Evaluation de la surmortalité en 2020 (5 années de référence : 2015-19)**

Classe d'âge	Population en million d'habitants	Décès attendus	Décès observés	Décès en excès sur classe d'âge	Décès en excès par âge
0-64 ans	51,68 (79,36 %)	94 594 [92 822 ; 96 367]	92 478	- 344 (-0,36 % [-0,36 % ; -0,37 %])	-1 012 (-1,07 % [-1,05 % ; -1,09 %])
65-99 ans	13,44 (20,64 %)	546 733 [538 841 ; 554 626]	561 538	6 912 (1,26 % [1,25 % ; 1,28 %])	11 935 (2,18 % [2,15 % ; 2,21 %])
Somme	65,12 (100 %)	641 328 [635 853 ; 646 802]	654 016	7 214 (1,12 % [1,12 % ; 1,13 %])	10 923 (1,7 % [1,69 % ; 1,72 %])

**Tableau 2 : Evaluation de la surmortalité en 2020 (3 années de référence : 2017-19) selon des classes d'âges de 5 ans**

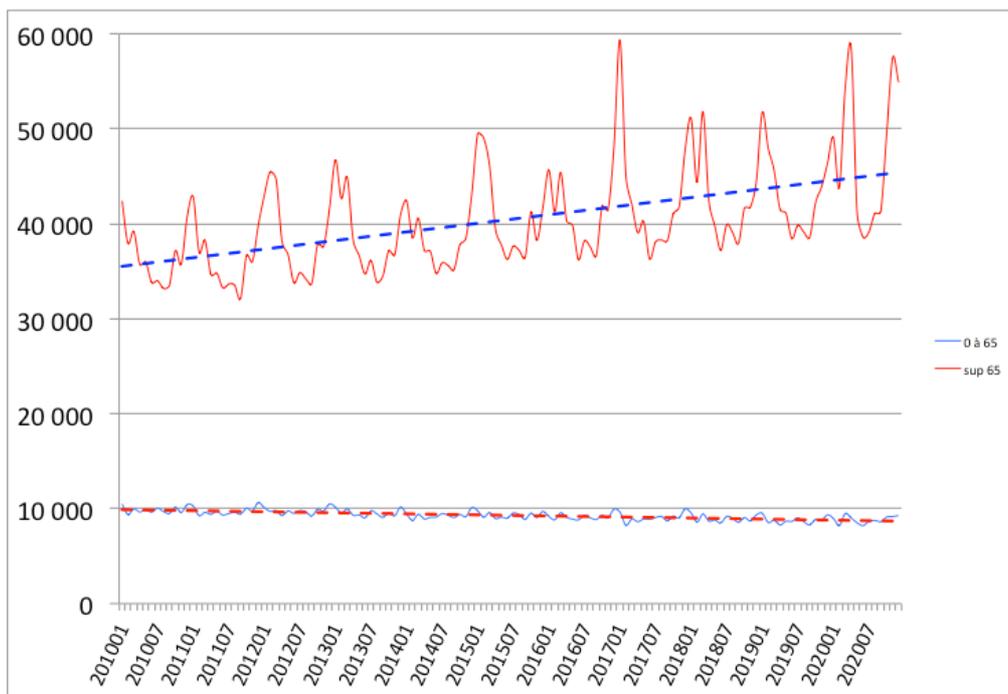
Classe d'âge	Population en million d'habitants	Décès attendus	Décès observés	Décès en excès sur classe d'âge	Décès en excès par âge
0-4 ans	3,52 (5,41 %)	2 940 [2 925 ; 2 955]	2 691	- 234 (-7,97 % [-7,93 % ; -8,01 %])	- 206 (-6,99 % [-6,96 % ; -7,03 %])
5-9 ans	3,94 (6,05 %)	289 [275 ; 303]	272	- 3 (-0,97 % [-0,92 % ; -1,02 %])	- 25 (-8,79 % [-8,38 % ; -9,24 %])
10-14 ans	4,04 (6,21 %)	311 [293 ; 329]	321	0 %	8 (2,49 % [2,35 % ; 2,65 %])
15-19 ans	4 (6,15 %)	853 [812 ; 895]	813	0 %	- 25 (-2,92 % [-2,79 % ; -3,07 %])
20-24 ans	3,65 (5,6 %)	1 425 [1 376 ; 1 474]	1 375	- 1 (-0,07 % [-0,06 % ; -0,07 %])	- 30 (-2,14 % [-2,07 % ; -2,21 %])
25-29 ans	3,63 (5,57 %)	1 622 [1 572 ; 1 672]	1 565	- 7 (-0,44 % [-0,42 % ; -0,45 %])	- 2 (-0,12 % [-0,11 % ; -0,12 %])
30-34 ans	3,95 (6,07 %)	2 259 [2 233 ; 2 286]	2 255	0 %	- 13 (-0,59 % [-0,59 % ; -0,6 %])
35-39 ans	4,12 (6,32 %)	3 421 [3 383 ; 3 460]	3 276	- 107 (-3,12 % [-3,08 % ; -3,16 %])	- 134 (-3,91 % [-3,87 % ; -3,96 %])
40-44 ans	3,95 (6,07 %)	4 758 [4 653 ; 4 864]	4 852	0 %	89 (1,87 % [1,83 % ; 1,92 %])
45-49 ans	4,38 (6,73 %)	8 925 [8 674 ; 9 177]	8 679	0 %	- 168 (-1,88 % [-1,83 % ; -1,94 %])
50-54 ans	4,29 (6,58 %)	14 002 [13 706 ; 14 298]	13 958	0 %	2 (0,02 % [0,02 % ; 0,02 %])
55-59 ans	4,23 (6,49 %)	21 585 [20 857 ; 22 313]	21 305	0 %	- 131 (-0,61 % [-0,59 % ; -0,63 %])
60-64 ans	3,98 (6,12 %)	30 819 [30 185 ; 31 454]	31 116	0 %	- 69 (-0,22 % [-0,22 % ; -0,23 %])
65-69 ans	3,8 (5,84 %)	40 520 [40 404 ; 40 635]	42 476	1 841 (4,54 % [4,53 % ; 4,56 %])	988 (2,44 % [2,43 % ; 2,45 %])
70-74 ans	3,4 (5,22 %)	55 757 [54 681 ; 56 834]	58 327	1 493 (2,68 % [2,63 % ; 2,73 %])	3 109 (5,58 % [5,47 % ; 5,69 %])
75-79 ans	2,16 (3,32 %)	51 767 [51 303 ; 52 232]	57 516	5 284 (10,21 % [10,12 % ; 10,3 %])	2 606 (5,03 % [4,99 % ; 5,08 %])
80-84 ans	1,83 (2,82 %)	77 960 [76 645 ; 79 276]	83 367	4 091 (5,25 % [5,16 % ; 5,34 %])	3 104 (3,98 % [3,92 % ; 4,05 %])
85-89 ans	1,35 (2,08 %)	116 220 [112 979 ; 119 462]	121 025	1 563 (1,34 % [1,31 % ; 1,38 %])	1 124 (0,97 % [0,94 % ; 0,99 %])
90-94 ans	0,66 (1,02 %)	112 700 [110 672 ; 114 729]	120 443	5 714 (5,07 % [4,98 % ; 5,16 %])	5 035 (4,47 % [4,39 % ; 4,55 %])
95-99 ans	0,22 (0,34 %)	81 354 [78 771 ; 83 937]	78 384	- 387 (-0,48 % [-0,46 % ; -0,49 %])	1 047 (1,29 % [1,25 % ; 1,33 %])
Somme	65,12 (100 %)	629 490 [628 011 ; 630 970]	654 016	23 046 (3,66 % [3,65 % ; 3,67 %])	16 309 (2,59 % [2,58 % ; 2,6 %])

Source : Insee, Indicateurs démographiques, calculs des auteurs.

\*NB : L'excès (ou le défaut) de décès pour les 2 grands groupes d'âge (supérieur et inférieur à 65 ans) est la somme des excès (ou défaut) estimés au niveau de chaque âge pour prendre en considération l'évolution démographique de la manière la plus fine possible. Ceci explique la légère différence de résultat entre cette estimation et celle obtenue avec un calcul direct sur les 2 grands groupes d'âge (supérieur et inférieur à 65 ans).

En revanche, la valeur attendue en 2020 de décès d'individus âgés de 64 ans et moins était de 93 211 [91 612 ; 94 810] et la valeur observée était de 92 478 décès. Les moins de 65 ans n'ont donc connu aucune surmortalité en 2020 au contraire nous estimons même une sous-mortalité de -0,76 % soit 705 décès en défaut dans cette classe d'âge. Le passage de l'épidémie de Covid-19 aura causé en 2020 une augmentation de 3,34 % par rapport à l'attendu pour la classe d'âge supérieure à 65 ans mais absolument aucune augmentation (voire une baisse) pour la classe d'âge des moins de 65 ans qui représente plus de 80 % de la population.

Le tableau 1c reprend les résultats obtenus avec une période de référence de 5 ans (incluant des années à fortes et faibles mortalités de manière plus équilibrée). Dès lors, le différentiel total de mortalité passe (selon le mode de calcul) à 7 214 (1,12 %) ou 10 923 (1,70 %) décès en excès. Les moins de 65 ans ont toujours sous-mortalité qui passe au maximum à -1,07 % et la classe d'âge supérieure à 65 ans, on observe un excès maximum de 11 935 décès par rapport à l'attendu soit une surmortalité de 2,18 % par rapport à l'attendu en 2020.



**Fig. 5 : Évolution mensuelle de la mortalité en France de 2010 à 2020**

Source : Insee, Indicateurs démographiques, calculs et mise en forme des auteurs

Champ : France métropolitaine

Note de lecture : Evolution de la tendance mensuelle de la mortalité de 2010 à 2020, la tendance diminue pour les moins de 65 ans (courbe bleue) alors qu'elle augmente pour les plus de 65 ans (courbe rouge). Ces tendances à la baisse et à la hausse sont le reflet direct du vieillissement de la population comme nous l'avons montré ci-dessus. Les épidémies n'ont donc aucune influence sur la mortalité de la classe d'âge de moins de 65 ans. En revanche les plus de 65 sont directement impactés par la récurrence des épidémies de grippe. L'épidémie de Covid 19 a eu exactement le même effet sur les mêmes classes d'âge que les autres événements sanitaires (grippes ou canicules).

Pour conforter l'idée de la forte variabilité de la mortalité selon les années, nous avons effectué les mêmes calculs pour l'année 2019 avec une période de référence de 3 ans (2016-18) (cf. tableau 1b). L'épidémie de grippe en 2019 a été particulièrement faible.

Nos calculs montrent pour 2019 une sous-mortalité très importante avec (selon le mode de calcul) 18 249 (-2,92 %) ou 4 079 (-0,65 %) décès en défaut sur l'ensemble de la population. Pour les moins de 65 ans on observe une sous-mortalité (selon le mode de calcul) de 2 275 (-2,40 %) ou 1 659 (-1,75 %) décès en défaut par rapport à l'attendu et pour les plus de 65 ans la sous-mortalité (selon le mode de calcul) est de 18 271 (-3,44 %) ou -2 419 (-0,46 %) décès en défaut. En d'autres termes, l'année 2019 qui a précédé l'année de l'épidémie de Covid-19 avait été exceptionnelle non seulement pour son épidémie de grippe exceptionnellement faible mais aussi pour sa mortalité exceptionnellement faible. Ainsi, l'effet « harvesting » (cf. supra) intervenu en 2020 à l'occasion de l'épidémie de Covid-19 participe un rattrapage des décès n'ayant pas eu lieu l'année précédente.

Comme l'indique la figure (Fig. 5) qui représente l'évolution mensuelle de la mortalité de 2010 à 2020, la tendance diminue pour les moins de 65 ans (courbe bleue) alors qu'elle augmente pour les plus de 65 ans (courbe rouge). Ces tendances à la baisse et à la hausse sont le reflet direct du vieillissement de la population comme nous l'avons montré ci-dessus. Les épidémies n'ont donc quasi aucune influence sur la mortalité de la classe d'âge de moins de 65 ans. En revanche les plus de 65 sont directement impactés par la récurrence des épidémies de grippe. L'épidémie de Covid-19 a eu exactement le même effet sur les mêmes classes d'âge que les autres événements sanitaires (grippes ou canicules).

## Conclusion

Il est important pour la qualité du débat public, au regard notamment de certaines comparaisons inappropriées avec des fléaux sanitaires passés (comme par exemple la grippe espagnole tant de fois invoquée pendant cette crise), d'évaluer le réel impact de l'épidémie de Covid-19 et d'évaluer tant sa nature que son importance au regard de l'histoire contemporaine des épidémies.

Les mesures restrictives des libertés individuelles et collectives telles que les confinements ont été mises en place un peu partout dans le monde au nom de la survenance d'une pandémie présentée comme une menace majeure et inédite dans

l'histoire contemporaine de l'humanité. Le principal argument a résidé dans le recours à des modélisations prédisant dès le début du mois de mars la survenue de 500 000 morts en France, puis 7 mois plus tard, de 400 000 morts (discours du président de la République Française pour justifier un deuxième confinement<sup>32</sup>).

A la fin de l'année, le bilan n'a rien à voir avec ces prédictions catastrophiques. La grande majorité des 64 632 morts attribués à la maladie Covid-19 se seraient inéluctablement produits en même en l'absence de cette épidémie. Le taux de 10% (9,88) de l'ensemble des décès en 2020 bien qu'il soit maximisé, est, par exemple, inférieur à la mortalité causée tous les ans par le tabagisme, qui a été estimée à environ 75 000 décès en France en 2015, soit 13% de l'ensemble des décès survenus en France métropolitaine<sup>33,34</sup>.

Par ailleurs, la mortalité augmente régulièrement depuis le milieu des années 2000 par un effet de structure causé par le vieillissement de la population et l'arrivée en fin de vie des générations du baby-boom. Certes l'année 2020 est une année record mais il serait trompeur de l'attribuer intégralement au passage de l'épidémie de Covid-19<sup>30</sup>. Depuis plusieurs années nous assistons régulièrement à des années record dues au vieillissement de la population Française. Ces records n'ont donc rien d'exceptionnels. Ils étaient même prévus depuis longtemps<sup>13</sup>. Lorsque l'on tient compte de cette tendance structurelle et de la mortalité attendue, la surmortalité est de 23 046 décès en excès en 2020 si la période de référence est les 3 dernières années mais cette surmortalité tombe à 10 923 décès si la période est de 5 ans (incluant l'année 2015 plus représentative de la mortalité en France) soit un excès maximum de 3,66 % au passage de l'épidémie de Covid-19.

L'épidémie de coronavirus n'a occasionné aucune surmortalité (voire une sous-mortalité de 0,74 %) chez les personnes âgées de moins de 65 ans, qui représentent environ 80 % de la population. La légère surmortalité observée ne concerne que les classes d'âges de plus de 65 ans, qui ont connu en 2020 une surmortalité de 3,34 % (et 2,18 % avec une référence de 5 ans) par rapport à ce qui était attendu.

La surmortalité observée en 2020 au passage de l'épidémie de Covid-19 serait en partie, un rattrapage du défaut de mortalité de 2019. Utiliser la mortalité de 2019 en tant qu'élément de comparaison pour estimer l'impact de l'épidémie en 2020 comme cela est pratiqué couramment, est donc une simplification doublement biaisée. Des démographes pourtant expérimentés n'hésitent pas à maximiser considérablement l'effet de l'épidémie de Covid-19 sur la mortalité avec des annonces tonitruantes visant à distordre la réalité par des calculs rudimentaires visant à comparer de manière simpliste la mortalité d'une année avec la précédente<sup>30</sup>. Notre approche approfondie de l'étude de la surmortalité module considérablement leurs résultats.

Loin de menacer l'humanité toute entière, comme le déclarait trop précipitamment le directeur de l'OMS au début du mois de mars 2020, l'épidémie de coronavirus n'a représenté un danger mortel que pour les personnes dont la santé était déjà la plus fragile, que cette fragilité soit liée au vieillissement naturel et à l'immunosénescence qui en résulte, à l'existence antérieure de maladies graves ou encore aux conséquences de cette nouvelle maladie des sociétés occidentales modernes que constitue l'obésité liée au mode de vie et d'alimentation<sup>35</sup>.

Pour toutes ces raisons, l'épidémie de coronavirus semble devoir venir s'ajouter à la liste des nombreuses viroses<sup>36</sup>, dont la grippe saisonnière<sup>37</sup>, provoquant des pathologies respiratoires sévères<sup>38,39</sup>. Elle ne diffère pas fondamentalement des épisodes de grippe saisonnières les plus sévères. Dès lors, les comparaisons avec la peste médiévale, le choléra ou la grippe espagnole, que l'on a vu fleurir dans le débat public, sont totalement inappropriées.

## Références

1. OMS. COVID-19 – Chronologie de l'action de l'OMS. <https://www.who.int/fr/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19> (2021).
2. AFP. La grippe sature les urgences. *L'Express.fr* [https://www.lexpress.fr/actualite/societe/sante/la-grippe-sature-les-urgences\\_1086604.html](https://www.lexpress.fr/actualite/societe/sante/la-grippe-sature-les-urgences_1086604.html) (2012).
3. Simon cyril. Urgences saturées face à la grippe : «Des gens attendent plus de huit heures dans les couloirs» - Le Parisien. <https://www.leparisien.fr/societe/urgences-saturees-face-a-la-grippe-des-gens-attendent-plus-de-huit-heures-dans-les-couloirs-13-02-2019-8011185.php> (2019).
4. Frantz Vaillant. La France, pays grippé et... malade de sa santé ? *TV5MONDE* <https://information.tv5monde.com/info/la-france-pays-grippe-et-malade-de-sa-sante-148674> (2018).
5. Damien Mascrot. Grippe : tension dans 142 hôpitaux et déjà l'annonce d'un lourd bilan. <https://sante.lefigaro.fr/article/grippe-tension-dans-142-hopitaux-et-deja-l-an-nonce-d-un-lourd-bilan/> (2017).
6. Hémon, D. & Jouglu, E. Estimation de la surmortalité et principales caractéristiques épidémiologiques. Surmortalité liée à la canicule d'août 2003: rapport d'étape. 59.
7. SPF. Évolutions de l'exposition aux canicules et de la mortalité associée en France métropolitaine entre 1970 et 2013. [/import/evolutions-de-l-exposition-aux-canicules-et-de-la-mortalite-associee-en-france-metropolitaine-entre-1970-et-2013](https://www.insee.fr/fr/statistiques/4923977?sommaire=4487854) (2019).
8. Ferguson, N. *et al. Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID19 mortality and healthcare demand*. 20 <http://spiral.imperial.ac.uk/handle/10044/177482> (2020) doi:10.25561/77482.
9. Toubiana Laurent. COVID-19: Une épidémie déconcertante IRSAN Recherche. <http://recherche.irsan.fr/fr/documentation/index/voir/108-COVID-19-:-Une-%C3%A9pid%C3%A9mie-d%C3%A9concertante>.
10. SPF. Évolution du nombre de décès depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2021 - Nombre de décès quotidiens | Insee. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4923977?sommaire=4487854> (2021).
11. Baghdadi, Y., Gallay, A., Caserio-Schönemann, C. & Fouillet, A. Evaluation of the French reactive mortality surveillance system supporting decision making. *Eur J Public Health* **29**, 601–607 (2019).
12. Désequeles, A., Gamboni, A., Demuru, E. & MultiCause, L. R. On ne meurt qu'une fois... mais de combien de causes ? *Population Societes* **N° 534**, 1–4 (2016).
13. Pison, G. & Toulemon, L. Le nombre de décès va augmenter en France dans les prochaines années. *Population & Sociétés* **N° 531**, 1 (2016).

14. Pison Gilles. Pourquoi l'espérance de vie augmente-t-elle<br>moins vite en France? *Ined - Institut national d'études démographiques* <https://www.ined.fr/fr/actualites/presse/pourquoi-lesperance-de-vie-augmente-t-elle-moins-vite-en-france/> (2019).
15. Vallin j. Espérance de vie: peut-on gagner trois mois par an indéfiniment? *Ined - Institut national d'études démographiques* <https://www.ined.fr/fr/publications/editions/population-et-societes/esperance-de-vie-peut-on-gagner-trois-mois-par-an-indefinitment/> (2010).
16. Kamal R. How does U.S. life expectancy compare to other countries? *Peterson-KFF Health System Tracker* <https://www.healthsystemtracker.org/chart-collection/u-s-life-expectancy-compare-countries/> (2019).
17. Lang, P. O., Govind, S. & Aspinall, R. L'immunosénescence. *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie* **12**, 171–181 (2012).
18. Berrut, G. & Decker, L. de. Immunosénescence: une revue. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillessement* **13**, 7–14 (2015).
19. Martinez, M. E. The calendar of epidemics: Seasonal cycles of infectious diseases. *PLoS Pathog* **14**, e1007327 (2018).
20. Nicastro, F. *et al.* Forcing Seasonality of Influenza-like Epidemics with Daily Solar Resonance. *iScience* **23**, 101605 (2020).
21. Alexander, M. R. *et al.* Predicting susceptibility to SARS-CoV-2 infection based on structural differences in ACE2 across species. *The FASEB Journal* **34**, 15946–15960 (2020).
22. SPF. *COVID-19: point épidémiologique du 18 mars 2021*. /maladies-et-traumatismes/maladies-et-infections-respiratoires/infection-a-coronavirus/documents/bulletin-national/covid-19-point-epidemiologique-du-18-mars-2021 (2021).
23. Valleron, A.-J. & Boumendil, A. Épidémiologie et canicules: analyses de la vague de chaleur 2003 en France. *Comptes Rendus Biologies* **327**, 1125–1141 (2004).
24. INSEE. Évolution du nombre de décès depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2021 - Nombre de décès quotidiens | Insee. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4923977?sommaire=4487854> (2021).
25. Dowd, J. B. *et al.* Demographic science aids in understanding the spread and fatality rates of COVID-19. *Proc Natl Acad Sci U S A* **117**, 9696–9698 (2020).
26. Fisman, D. N., Greer, A. L. & Tuite, A. R. Age Is Just a Number: A Critically Important Number for COVID-19 Case Fatality. *Ann Intern Med* **173**, 762–763 (2020).
27. Green, M. S., Peer, V., Schwartz, N. & Nitzan, D. The confounded crude case-fatality rates (CFR) for COVID-19 hide more than they reveal-a comparison of age-specific and age-adjusted CFRs between seven countries. *PLoS One* **15**, e0241031 (2020).
28. Petersen, E. *et al.* Comparing SARS-CoV-2 with SARS-CoV and influenza pandemics. *Lancet Infect Dis* **20**, e238–e244 (2020).
29. Verdery, A. M., Newmyer, L., Wagner, B. & Margolis, R. National Profiles of Coronavirus Disease 2019 Mortality Risks by Age Structure and Preexisting Health Conditions. *Gerontologist* **61**, 71–77 (2021).
30. 2020: une hausse des décès inédite depuis 70 ans - Insee Première - 1847. [https://www.insee.fr/fr/statistiques/5347349?pk\\_campaign=avis-parution#titre-bloc-23](https://www.insee.fr/fr/statistiques/5347349?pk_campaign=avis-parution#titre-bloc-23).
31. Data.gouv. Tableau de bord de suivi de l'épidémie de coronavirus en France - data.gouv.fr. /fr/reuses/tableau-de-bord-de-suivi-de-lepidemie-de-coronavirus-en-france/ (2021).
32. Macron E. Adresse aux Français, 12 mars 2020. *elysee.fr* <https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2020/03/12/adresse-aux-francais> (2020).
33. Bonaldi, C. Estimation of Deaths attributable to tobacco smoking, in France from 2000 to 2015. 7 (2019).
34. Janssen F. L'influence du tabac sur la mortalité en Europe. *Ined - Institut national d'études démographiques* <https://www.ined.fr/fr/publications/editions/population-et-societes/influence-du-tabac-sur-mortalite-europe/> (2019).
35. Global BMI Mortality Collaboration, null *et al.* Body-mass index and all-cause mortality: individual-participant-data meta-analysis of 239 prospective studies in four continents. *Lancet* **388**, 776–786 (2016).
36. Visseaux, B. *et al.* Prevalence of respiratory viruses among adults, by season, age, respiratory tract region and type of medical unit in Paris, France, from 2011 to 2016. *PLoS One* **12**, e0180888 (2017).
37. Flahault, A. & Zylberman, P. Influenza pandemics: past, present and future challenges. *Public Health Rev* **32**, 319–340 (2010).
38. Christiaens, H., Charpentier, S., Houze-Cerfon, C.-H. & Balen, F. Winter virus season impact on acute dyspnoea in the emergency department. *Clin Respir J* **13**, 722–727 (2019).
39. Kalil, A. C. & Thomas, P. G. Influenza virus-related critical illness: pathophysiology and epidemiology. *Crit Care* **23**, 258 (2019).