

## Quelle est l'ampleur de l'épidémie de Covid19 en France ?

Publié le 9 avril 2020.

Collectif « Diffusons la science, pas le virus » : <http://diffusonslascience.fr/>

Equipe « *Epidémiologie d'infection, modèles et données à travers le monde* » :

Yassine Cherrak, Hanna Bismuth, Céline Dinet, Annalisa Pierro, Tâm Mignot

Directeurs de publication :

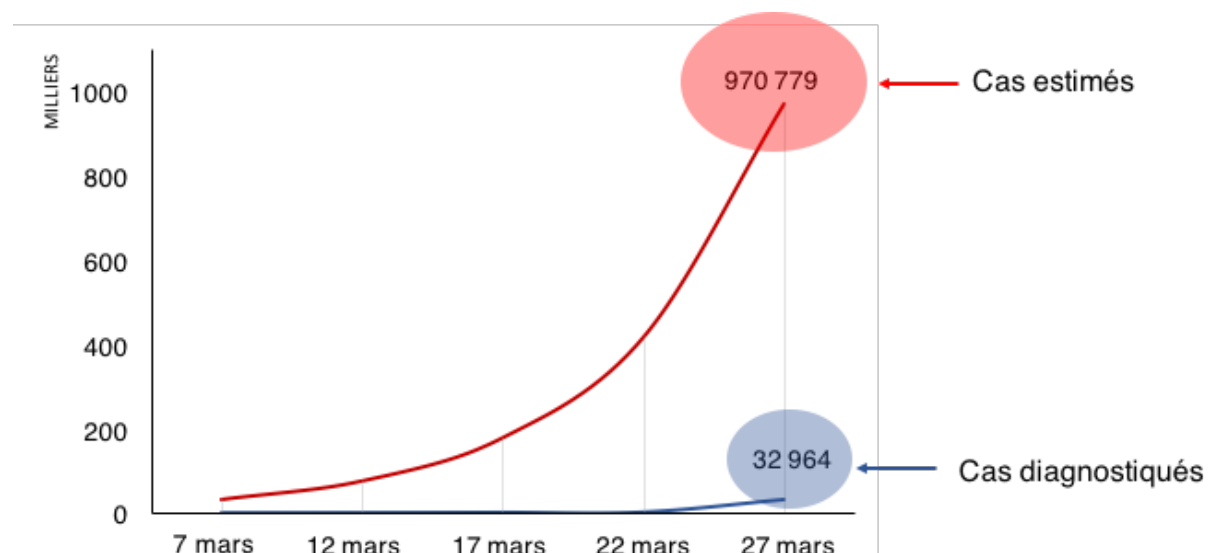
Tâm Mignot & Yann Vacher

**A retenir** : En France et dans le monde, le nombre réel de personnes infectées par le SARS-Cov2 n'est pas connu mais il peut être estimé sur des indicateurs tels que la mortalité et la contagiosité. Ce nombre est probablement 15-30 fois supérieur au nombre de cas diagnostiqués si l'on s'en réfère à des méthodes simples d'estimation. Ces projections indiquent que l'épidémie doit être contenue si la France (et les autres pays) veulent éviter la saturation de son système hospitalier et un nombre très important de décès dans toutes les classes d'âge.

Combien de personnes sont réellement contaminées par le SARS-Cov2? Cette question est épineuse car les pays mettent en place des approches de dépistage différentes.

En France, le dépistage du virus est réalisé uniquement sur les personnes présentant des symptômes graves en vue de leur hospitalisation. Le nombre réel de personnes infectées n'est donc pas connu. Pour connaître l'étendue, la gravité de l'épidémie, il est crucial de déterminer le plus précisément possible, le nombre total de personnes infectées qu'elles présentent des symptômes ou non. A partir des données présentes sur le Covid-19 en France et de simulateurs mathématiques il est possible de faire des estimations du nombre réel de personnes infectés. C'est ce que nous vous présentons ici.

**1ère méthode – Peut-on estimer le nombre de cas à partir du nombre de décès ?** Un moyen possible pour estimer le nombre réel de personnes infectées consiste à se baser sur le nombre de décès enregistrés en France et le taux de mortalité de l'épidémie. Bien que ce taux soit encore très mal défini, il semble raisonnable de l'estimer en moyenne à 0,9% : Pour 1000 personnes contaminées, 9 décèdent de la maladie. Toutefois, cette approche ne peut qu'évaluer le nombre de cas avec 20 jours de retard, puisque l'on estime que le temps entre l'infection et la mort (l'incubation) est de 20 jours. Ainsi, le 27 mars la France a enregistré 299 décès, on peut estimer que 20 jours avant, soit le 7 Mars, le nombre de personnes contaminées était de 33 222. A partir de ce nombre on peut calculer une courbe du nombre de cas réel en utilisant une estimation du temps de doublement du virus de 4,3 jours.

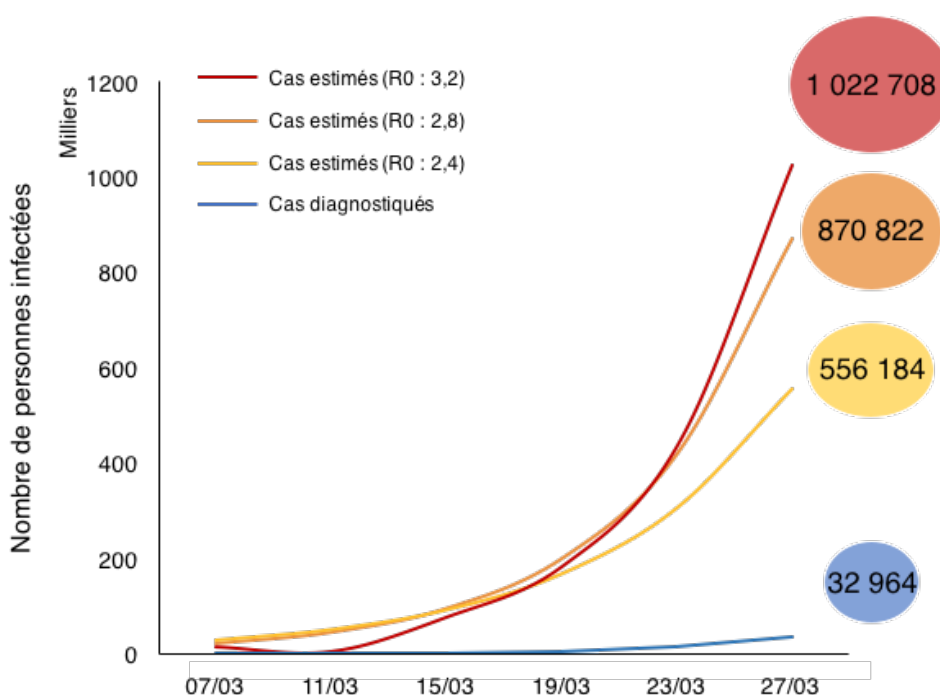


**Figure 1 : Estimation du nombre de personnes infectés (courbe rouge) en se basant sur le nombre de décès en France enregistré le 27 mars.** La courbe bleue montre le nombre de cas diagnostiqué tel que rapporté sur le site *worldometers*. Cette courbe est également une exponentielle mais elle semble écrasée en raison de l'échelle de l'axe des ordonnées.

Cette méthode suggère que le nombre de cas de personnes infectées est 30 fois supérieur au nombre de cas diagnostiqués en France ! Il faut cependant garder des réserves sur ce type d'estimation. En effet, elle se base sur deux paramètres (taux de mortalité et vitesse de doublement) qui ne sont pas clairement établis et que l'on imagine ici constants et spatialement homogènes.

## 2e méthode – Peut-on estimer le nombre de cas à partir de l'indice de contagiosité du virus?

Une autre approche, généralement adoptée par les épidémiologistes, est de construire des modèles de l'épidémie. Des modèles idéalisés de type SEIR basés sur un système d'équations différentielles permettent de fournir une première vision non spatiale de la dynamique d'une épidémie. La simulation est cette fois indépendante du taux de mortalité mais utilise la fameuse valeur de  $R_0$  qui reflète le nombre de personnes contaminées en moyenne par une personne atteinte du virus. Cette valeur varie selon les modèles entre 2 et 3.5<sup>8,9</sup>. Voici le résultat d'une simulation pour la France et pour un nombre de morts cumulés de 1995 personnes au 27 Mars:



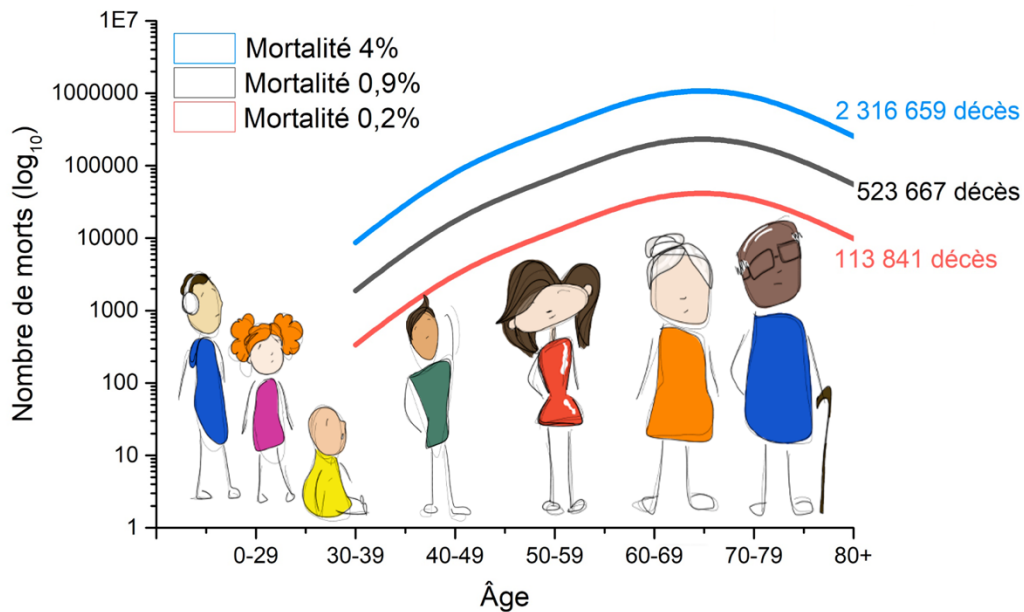
**Figure 2 : Estimation du nombre de personnes infectées en se basant sur un modèle d'épidémie de type SEIR.** La courbe du nombre de cas diagnostiqués (en bleu) est à nouveau présentée ici à titre comparatif. Les valeurs de  $R_0$  utilisées correspondent aux possibles valeurs rapportées dans la littérature scientifique.

Une telle simulation suggère un nombre de cas réel situé entre 500 000 et 1 Million de cas, soit dans les mêmes ordres de grandeur que la simulation obtenue par la première méthode à partir de l'extrapolation du nombre de décès.

**Mise en perspective des résultats.** Utilisons maintenant l'estimation en provenance du modèle SEIR pour déterminer la distribution des décès en fonction de l'âge des personnes touchées. Les résultats présentés sur le graphique 3 ci-dessous sont basés sur les données suivantes :

- Les données relatives aux pourcentages de mortalité (à ne pas confondre avec les taux de mortalité)/tranche d'âge publiés par l'Italie<sup>10</sup>.
- Les données de répartitions démographiques de chaque tranche d'âge en France<sup>11</sup>

Ces données permettent une simulation des résultats pour différents taux de mortalité, 0,9% et les limites basses et hautes situées entre 0,2 et 4 sur une durée épidémique de 200 jours.



**Figure 3 : Distribution du nombre de décès en fonctions de l'âge et de la distribution démographique simulée pour plusieurs taux de mortalité.** L'axe des ordonnées présente les nombres de morts en échelle logarithmique. Bien que touchant également la catégorie 0-29 ans, le pourcentage de mortalité dans cette tranche d'âge est encore mal connu, ce qui ne permet pas de faire une estimation raisonnable et donc aucune valeur n'est représentée.

Sans aucune intervention, les mortalités cumulées prédites sont catastrophiques dans toutes les tranches d'âge pour lesquelles les données sont significatives. **Il faut donc impérativement prendre des mesures pour contenir l'épidémie.** Nous discuterons de ces mesures et de leurs effets lors de notre prochaine publication.

## METHODES :

### Paramètres utilisés pour le Graphe 1 :

- Période d'incubation: 5,2 jours <sup>1</sup>
- Temps écoulé entre les symptômes et le décès: 14 jours <sup>2</sup>
- Temps écoulé entre l'infection et le décès: 14 + 5,2 = 19,2 jours. Ce nombre a été ajusté à 20 jours.
- Une mortalité de 0,9% a été fixée. Celle-ci est basée sur les valeurs de mortalité mesurées en Allemagne (0,8%)<sup>3</sup> et en Corée du Sud (1,4%)<sup>3</sup>, deux pays qui ont développé des dépistages intensifs de l'épidémie. Le sous-dépistage dans les autres pays augmente artificiellement le taux de mortalité.
- Le temps de dédoublement pris pour cette analyse est de 4.3 jours. Il correspond au temps de dédoublement médian observé dans différentes études <sup>1,4,5,6,7</sup>.

### Paramètres utilisés pour le Graphe 2:

- Le modèle SEIR utilisé est disponible sur la plateforme web: <https://gabgoh.github.io/COVID/index.html>
- Mortalité : 0,9% <sup>1,2</sup>.
  - R0 : 2,8 compris entre les bornes admises 2,5 et 3 <sup>8,9</sup>.
  - Temps écoulé entre l'apparition des symptômes et le décès: 14 jours <sup>2</sup>

### Paramètres utilisés pour le Graphe 3:

- Mortalité par catégorie d'âge<sup>10</sup>
- Données démographiques<sup>11,12</sup>

### REFERENCES

- 1 : Li, Q., Guan, X., Wu, P., Wang, X., Zhou, L., Tong, Y., ... & Xing, X. (2020). Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus–infected pneumonia. *New England Journal of Medicine*.
- 2 : Wang, W., Tang, J., & Wei, F. (2020). Updated understanding of the outbreak of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) in Wuhan, China. *Journal of medical virology*, 92(4), 441-447.
- 3 : <https://www.worldometers.info>.
- 4 : Muniz-Rodriguez, K., Fung, I. C. H., Ferdosi, S. R., Ofori, S. K., Lee, Y., Tariq, A., & Chowell, G. (2020). Transmission potential of COVID-19 in Iran. *medRxiv*.
- 5 : <https://ourworldindata.org/coronavirus#the-growth-rate-of-covid-19-deaths>
- 6 : Zhao, S., Cao, P., Gao, D., Zhuang, Z., Chong, M., Cai, Y., ... & Yang, L. (2020). Modelling the coronavirus disease (COVID-19) outbreak on the Diamond Princess ship using the public surveillance data from January 20 to February 20, 2020. *medRxiv*.
- 7 : Lai, P. Y., Lee, Y., Liu, M., Ofori, S. K., & Roosa, K. M. Epidemic doubling time of the 2019 novel coronavirus outbreak by province in mainland China. *medRxiv*
- 8 : Ferguson, N. M., Laydon, D., Nedjati-Gilani, G., Imai, N., Ainslie, K., Baguelin, M., ... & Dighe, A. (2020). Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. *Imperial College, London*.
- 9 : Cereda, D., Tirani, M., Demicheli, V., Ajelli, M., Poletti, P., Trentini, F., ...& Merler, S. (2020). The early phase of the COVID-19 outbreak in Lombardy, Italie. *arXiv*.
- 10: Italian National Institute of Health (ISS). (<https://www.epicentro.iss.it/coronavirus/sars-cov-2-decessi-italia#2>)
- 11: Bilan démographique 2019 INSEE.fr <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4281618>