



**HAL**  
open science

## COVID-19: Combien de décès évités grâce au confinement ?

Thierry Bourbié, Max Roche, Christian Chochillon, Corinne Fernandez,  
Patrick Lagadec, Patrick Hontebeyrie

### ► To cite this version:

Thierry Bourbié, Max Roche, Christian Chochillon, Corinne Fernandez, Patrick Lagadec, et al..  
COVID-19: Combien de décès évités grâce au confinement ?. 2020. hal-02570193

**HAL Id: hal-02570193**

**<https://hal.science/hal-02570193>**

Preprint submitted on 11 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# **COVID-19 : Combien de décès évités grâce au confinement ?**

Auteur : Christian Manivel

Contributions : Thierry Bourbié, Max Roche, Christian Chochillon, Corinne Fernandez, Patrick Lagadec, Patrick Hontebeyrie

Version V0  
Ref : CML-SARS-CoV-2-05

Version 0 : Archive ouverte : HAL-Id : ..... Preprint soumis le ..... mai 2020

## Résumé

L'observation des données réelles des « décès par 24H à l'hôpital » de l'épidémie de SARS-CoV-2 en France nous a conduit à élaborer une modélisation caractéristique de ce virus qui est en excellente adéquation avec les données des décès à l'hôpital (cf étude HAL Id : 02569180 preprint du 11mai 2020). Cette modélisation caractéristique par compartiments a été appelée modèle SIR-G.

La présente étude a consisté selon ce modèle SIR-G à évaluer les effets du confinement sur l'épidémie COVID-19 en France.

Les résultats sont les suivants :

Le confinement a peu influé sur la date de retour à faible niveau de décès par 24H à l'hôpital et a modérément influé directement sur le nombre de décès (3 000 décès évités).

Son intérêt essentiel a été de faire passer au système de santé français (réanimation) un pic épidémique compatible avec ses capacités nominales et indirectement d'éviter un nombre de 7 000 décès supplémentaires à l'hôpital.

En considérant également les décès en institutions, la conclusion est la suivante :

Le nombre de décès évités, directement et indirectement Hôpital + EHPAD + EMS grâce au confinement est de 17 000 décès.

« L'obsession de précision numérique sans attention aucune à la pertinence est le meilleur traceur de l'absence de culture mathématique véritable. » Carl Friedrich Gauss (1777 - 1855)

« A partir des données publiques, tout un chacun peut donc refaire les calculs ...Au lieu de raisonner sur des coefficients abstraits tel le fameux nombre moyen  $R_0$  de contagions par personne, il faudrait pouvoir entrer dans le détail de ces contagions...» Hervé Le Bras, démographe – Le Monde – le 1<sup>er</sup> mai 2020

### **COVID-19 : Combien de décès évités grâce au confinement ?**

Christian Manivel

[christian.manivel.1972@polytechnique.org](mailto:christian.manivel.1972@polytechnique.org)

## Sommaire

- 1 Rappel sur le modèle SIR-G**
  - 1.1 Données réelles des décès par 24H à l'hôpital vs. modèle SIR-G**
  - 1.2 Le confinement impacte les décès à partir du 4 avril**
- 2 L'impact du confinement sur les décès à l'hôpital**
  - 2.1 Les chiffres au 10 mai des décès à l'hôpital**
  - 2.2 Les chiffres des décès à l'hôpital issus du modèle SIR-G « pré-confinement »**
    - 2.2.1 Les chiffres des décès cumulés
    - 2.2.2 Les dates de retour des décès par 24H à de faibles niveaux
    - 2.2.3 Les chiffres de décès par 24H au « pic »
  - 2.3 Les enseignements à tirer des chiffres de décès (à l'hôpital)**
  - 2.4 Les décès liés au dépassement des capacités en lits de réanimation s'il n'y avait pas eu de confinement**
- 3 L'impact du confinement pour les décès dans les EPHAD et EMS**

## DOCUMENT PRINCIPAL

Les données utilisées sont les données « décès à l'hôpital » issues de Santé Publique France.  
<https://dashboard.covid19.data.gouv.fr>

L'observation des données réelles des « décès par 24H à l'hôpital » de l'épidémie de SARS-CoV-2 en France nous a conduit à élaborer une modélisation caractéristique de ce virus qui est en excellente adéquation avec les données des décès à l'hôpital (cf étude HAL Id : 02569180 preprint du 11mai 2020).

Cette modélisation caractéristique par compartiments a été appelée modèle SIR-G.

Nous avons tiré, dans l'étude précitée, les premiers enseignements sur la chronologie modélisée de l'épidémie et sur sa forme de contagiosité caractéristique.

La présente étude a, elle, pour but d'évaluer les effets du confinement sur l'épidémie COVID-19 en France dans le cadre d'une modélisation de type SIR-G

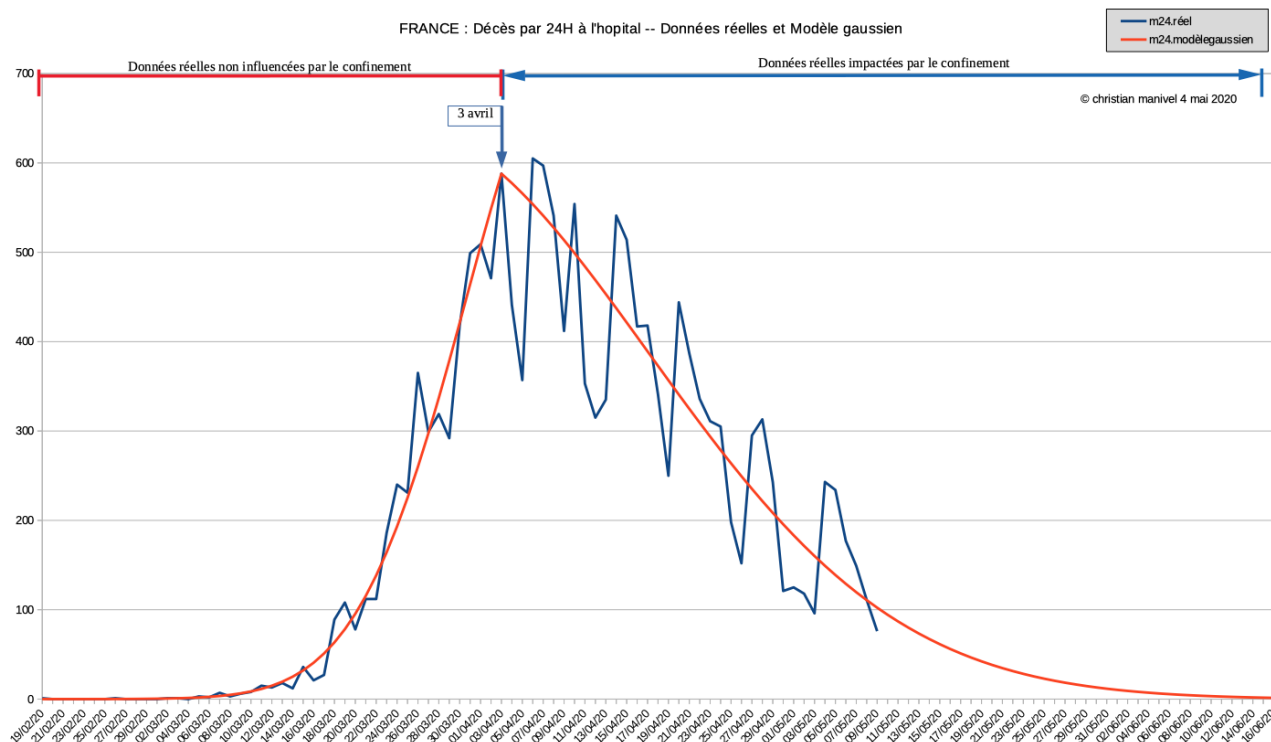
### 1 Rappel sur le modèle SIR-G

#### 1.1 Données réelles des décès par 24H à l'hôpital vs. modèle SIR-G

L'adéquation entre le modèle SIR-G et les données réelles des décès par 24H est excellente (96 % +) sur des périodes longues (40 jours +) que ce soit sur des données non influencées par le confinement que sur des données influencées par le confinement et que ce soit en France ou à l'étranger.

Le modèle est constitué de 2 parties, un modèle « pré-confinement » jusqu'au 3 avril et un modèle « aval » à partir du 3 avril.

Ci-après (Figure 1) la visualisation des données des décès par 24H à l'hôpital et les données du modèle SIR-G.



## Figure 1

### 1.2 Le confinement impacte les décès à partir du 4 avril

Dans l'étude précitée, nous avons établi que la date d'impact que les décès à l'hôpital (nouveaux décès en 24H) ont cru sans interruption jusqu'au 3 avril, puis, en tendance, ont continué à baisser régulièrement.

Les premiers effets du confinement sur les décès à l'hôpital ont eu lieu le 4 avril 2020.

Ainsi, les données réelles de décès à l'hôpital jusqu'au 3 avril sont des données qui ne sont pas influencées par le confinement que nous appelons données « **pré-confinement** ».

A contrario les données réelles de décès à l'hôpital à partir du 3 avril sont des données qui sont influencées par le confinement. Nous les appelons données « **aval** ».

## 2 L'impact du confinement sur les décès à l'hôpital

### 2.1 Les chiffres au 10 mai des décès à l'hôpital

A la date du 10 mai (inclus) les chiffres des décès à l'hôpital sont les suivants :

- décès par 24H : 69
- décès cumulés : 16 642

### 2.2 Les chiffres des décès à l'hôpital issus du modèle SIR-G « pré-confinement »

Le modèle SIR-G, comme nous l'avons vu, est constitué de 2 parties, un modèle « pré-confinement » jusqu'au 3 avril et un modèle « aval » à partir du 3 avril.

Pour pouvoir évaluer l'impact du confinement sur les décès à l'hôpital, il faut poser la question en ces termes :

Si nous avons laissé l'épidémie se propager à partir du 16 mars sans prendre de mesure forte (confinement) que ce serait-il passé et quelles auraient été les conséquences en termes de décès ?

Pour ce faire l'utilisation du modèle SIR-G consiste à utiliser la partie du modèle appelée modèle « pré-confinement » et la laisser libre de se développer au-delà du 3 avril, date d'impact sur les décès à l'hôpital de la décision de confinement.

#### 2.2.1 Les chiffres des décès cumulés

Les décès cumulés du modèle à l'asymptote s'élèvent à 19 208

L'illustration ci-dessous (Figure 2) montre la comparaison modèle « pré-confinement » et réel en données cumulées.

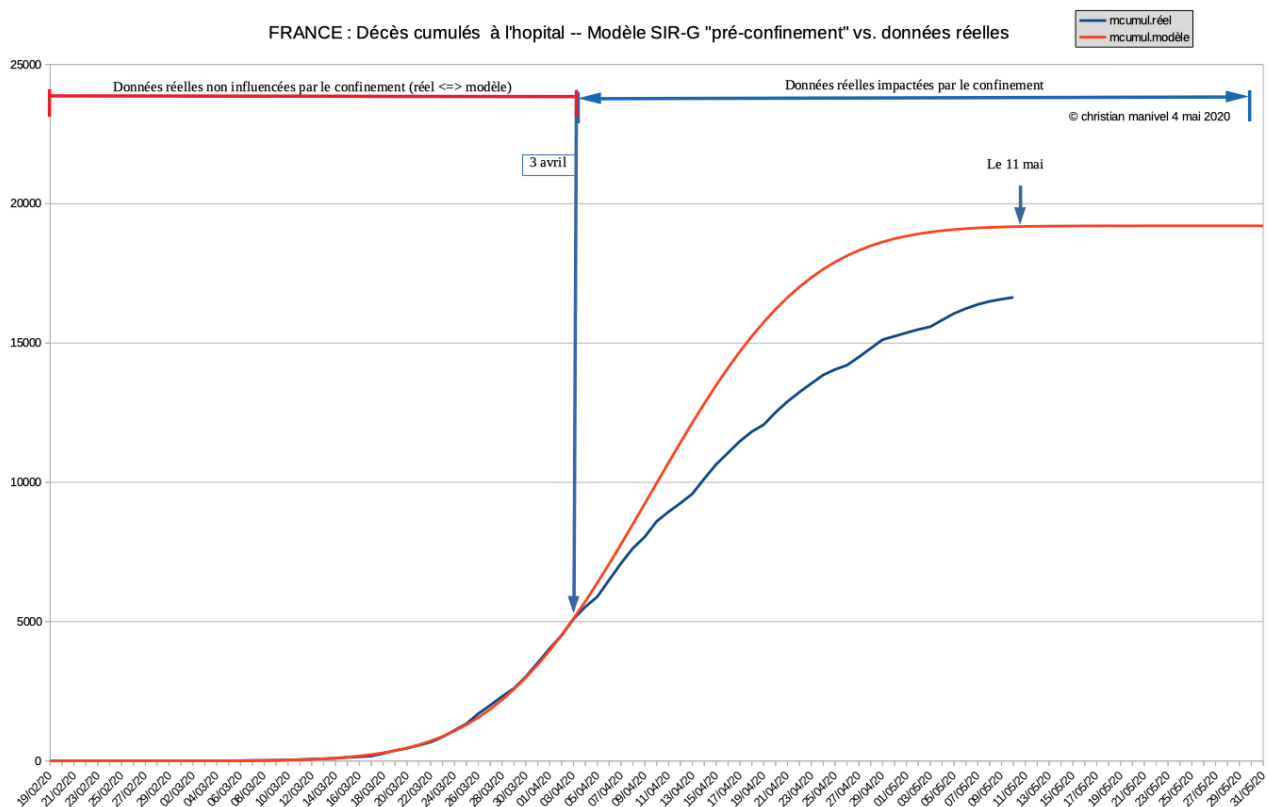


Figure 2

On peut noter au passage l'excellente adéquation (99,2%) du modèle avec le réel jusqu'à la date du 3 avril, qui confirme visuellement, si besoin était, que les 2 courbes sont quasi indiscernables à l'oeil l'une de l'autre jusqu'à cette date et que la date du « décrochage » (impact du confinement) apparaît clairement comme étant le 3 avril.

### 2.2.2 Les dates de retour des décès par 24H à de faibles niveaux

Si maintenant on s'intéresse aux décès par 24H, on peut alors comparer 3 courbes :

- la courbe des décès réels à l'hôpital
- la courbe du modèle SIR-G complet
- la courbe du modèle s'il n'y avait pas eu de confinement

L'illustration ci-dessous (Figure 3) montre la comparaison modèle SIR-G complet, modèle « pré-confinement » et réel en données par 24H.

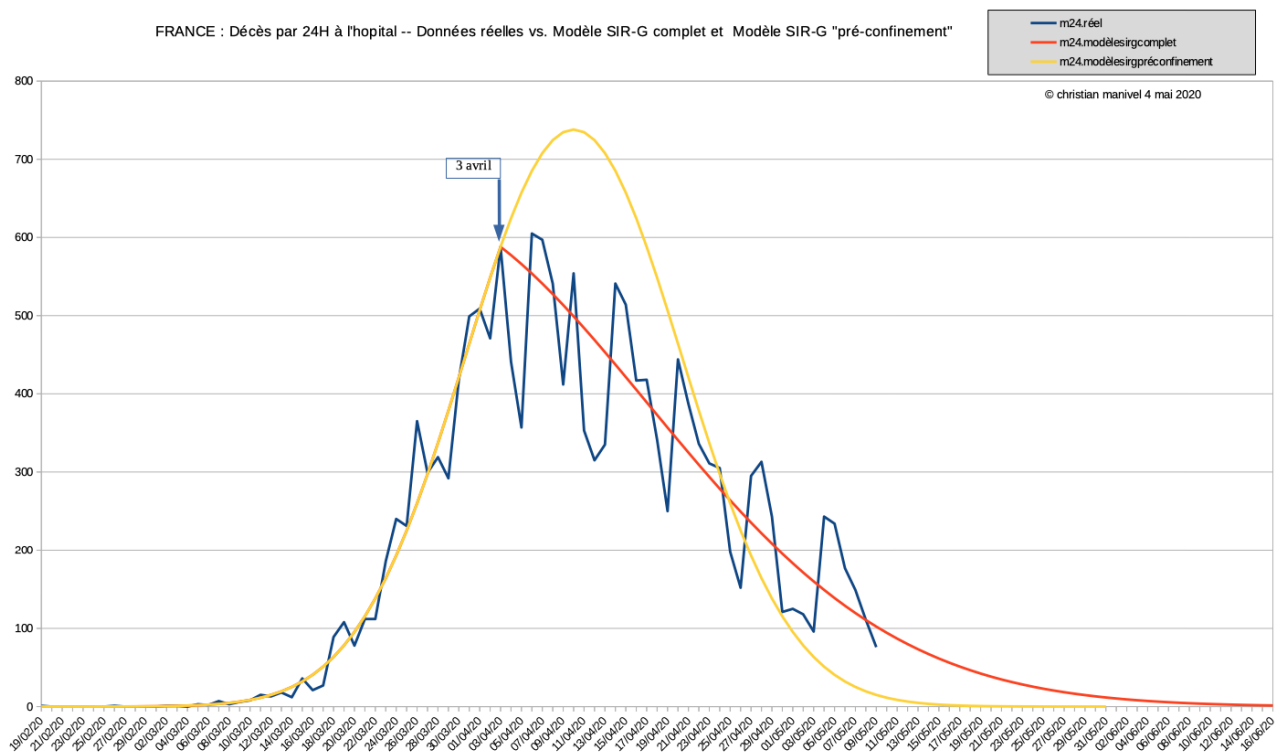


Figure 3

Ceci nous permet de comparer 3 dates correspondant au nombre de décès par 24H égal à 69 :

- les décès réels par 24H : 10 mai
- les décès par 24H du modèle SIR-G complet : 13 mai
- les décès du modèle s'il n'y avait pas eu de confinement : 2 mai

De même pour un retour des décès par 24H à un niveau de 10 :

- les décès réels par 24H : ?? mai
- les décès par 24H du modèle SIR-G complet : 1er juin
- les décès du modèle s'il n'y avait pas eu de confinement : 10 mai

### 2.2.3 Les chiffres de décès par 24H au « pic »

Les chiffres maximum atteint par les décès par 24H à l'hôpital sont alors les suivants :

- les décès réels par 24H au pic : 605 – le 6 avril (pour 588 le 3 avril)
- les décès du modèle SIR-G « pré-confinement » au pic : 738 – le 10 avril

## 2.3 Les enseignements à tirer des chiffres de décès (à l'hôpital)

Le premier enseignement que l'on peut tirer de cette comparaison modèle SIR-G et réel est le suivant :

**Le confinement a peu d'influence sur la date de retour à des niveaux faibles de décès à l'hôpital**

Le deuxième enseignement est que :

**Le confinement a une influence directe modérée sur le nombre de décès à l'hôpital : moins de 3 000 décès**



Le troisième enseignement est que :

**Le confinement a une influence significative sur l'atténuation du pic de décès par 24H :  
- 25%**

On pourrait penser que ce chiffre est modéré, ce qui est le cas dans l'absolu, mais il a été fondamental compte tenu des capacités insuffisantes en lits de réanimation du système de santé français, comme indiqué ci-après.

#### **2.4 Les décès liés au dépassement des capacités en lits de réanimation s'il n'y avait pas eu de confinement**

L'utilisation maximale en lits de réanimation en France a été de 7 148 lits le 8 avril (pour une capacité nominale de 5 000)

Cette date est à rapprocher des dates suivantes :

- Le 3 avril date d'impact du confinement sur les décès à l'hôpital (décès par 24H = 588)
- Le 6 avril maximum atteint pour les décès à l'hôpital (décès par 24H = 605)
- Le 10 avril maximum atteint pour les décès à l'hôpital selon le modèle (décès par 24H = 738)

En toute logique, nous devrions modéliser les données des entrées en réanimation par 24H comme nous l'avons fait pour les décès et en tirer les enseignements correspondants. Nous allons nous contenter d'un raisonnement plus simple et plus maximaliste mais riche d'enseignements malgré tout.

Nous réputons que les capacités maximales de réanimation ont été atteintes à la date du 3 avril.

Sur le modèle (en l'absence de confinement), on retrouve, en phase de décroissance, ce niveau de décès par 24H de 588 le 17 avril.

Le nombre de décès (réel) à l'hôpital pendant cette période est de 6 387.

Le nombre de décès (modèle) pendant cette même période est de 9 597, soit 3 210 décès supplémentaires. Il correspond en première approximation à la différence entre décès cumulés du modèle et décès cumulés réels tels que nous les avons identifiés précédemment.

Mais, ce dernier chiffre est obtenu dans la continuité des données précédentes, c'est à dire à efficacité des services de réanimation constante.

Or, compte tenu du fait que les services de réanimation auraient dépassé leur capacité maximale pendant cette période du 3 avril au 17 avril, il est certain que leur efficacité aurait fortement décru.

Nous faisons donc l'hypothèse que cette efficacité aurait été réduite de 75 %.

Dès lors le chiffre des décès supplémentaires, du à un dépassement des capacités en lits de réanimation, s'élèverait à environ 6 340.

Le nombre de décès supplémentaires dus à un dépassement des capacités de réanimation, en l'absence de confinement, peut alors être estimé à 7 000.

Par conséquent on peut alors dire que, compte tenu de l'insuffisance des capacités en lits de réanimation :

**Le confinement a eu une influence indirecte significative sur le nombre de décès à l'hôpital :  
de l'ordre de 7 000 décès évités.**

Le besoin supplémentaire maximum en lits de réanimation qui s'en déduit en première approximation est alors de l'ordre de 7 000.

**Le besoin nominal en lits de réanimation, en l'absence de confinement, aurait été de 15 000.**

### **3 L'impact du confinement pour les décès dans les EPHAD et EMS**

Pour ces décès nous utilisons les chiffres publics des décès en EPHAD et EMS en sus de celle de l'hôpital, comme si cette dernière population avait le même taux de mortalité que la mortalité estimée de 0,53 % (cf. Etude 1).

Cette approche est **un majorant** car surestime le nombre d'infections nécessaires pour générer ce nombre de décès.

Le 3 avril, date de l'impact initial du confinement sur les décès, le nombre de décès par 24H à l'hôpital était de 588 décès.

A cette même date le nombre de décès par 24H en EPHAD et EMS était de 532.

Nous prenons donc comme hypothèse simple que notre modèle des décès à l'hôpital doit être amplifié d'un coefficient de 1,9

En extrapolant nous obtenons :

Décès cumulés (Hôpital + EHPAD + EMS) : 36 495 décès à l'asymptote

Pour mémoire, les décès cumulés réels (Hôpital + EHPAD + EMS) au 10 mai : 26 380 décès.

Si donc on applique le modèle SIR-G « pré-confinement » aux décès cumulés Hôpital + EHPAD + EMS, le nombre de décès directs évités dans ces organisations grâce au confinement est de l'ordre de 10 000. (mais ceci est certainement un majorant compte tenu de l'hypothèse prise)

Si donc on y rajoute les décès indirects évités compte tenu de l'impact sur les réanimations, à savoir 7 000 décès évités, nous pourrions conclure que :

**Le nombre de décès évités Hôpital + EHPAD + EMS grâce au confinement est de 17 000 décès**

**Nota 1:**

*Dans une démarche plus complète il conviendrait d'analyser les chiffres des décès à domicile. Nous ne disposons pas de chiffres précis en la matière et notre étude s'en tiendra là.*

**Nota 2 :**

*La modélisation effectuée ne préjuge pas que de nouveaux foyers puissent se déclarer ultérieurement, si les conditions nécessaires étaient réunies, à savoir :*

- une charge virale importante présente*
- dans un lieu relativement fermé*
- avec une densité de population non-immunisée forte*
- avec des contacts permanents entre individus*
- sur une durée suffisamment importante*