

# **Modélisation**

de la

# **pandémie de Covid**

**1er avril 2021**

## **Table des matières**

1 Chiffres, hypothèses et méthodes.....	2
2 Vaccinations.....	3
3 Résultats.....	4
4 Courbes.....	5
5 Simulations d'hypothèses de vaccination.....	6

# 1 Chiffres, hypothèses et méthodes

## Modélisation de l'épidémie de COVID intégrant l'immunité acquise et les futures vaccinations (21 mars 2021)

### Hypothèses :

#### Nb de cas et repartis par variant

Le discours de Vérans du 4 février 2021 indiquait ces chiffres pour le 8 janvier et le 4 février  
VaccinTracker indique le nombres de cas pour chaque date

72 % de variants anglais le 20/03/2021 selon

<https://biogroup.fr/actualites/les-variants-covid-19-semaine-10-ou-en-est-on-en-france/>

date		%var anglais	nb cas	cas f	cas a	% atteints	nb atteints	vaccinés
08/01/21	Véran	3,30 %	21 703	20 987		716		0
04/02/21	Véran	14,00 %	23 448	20 165		3 283		1 900 000
21/03/21	Tracker	72,00 %	35 000	9 800		25 200	17,00 %	#RÉF ! 6 000 000

#### Nombre réels de cas le 20 mars 2021

Selon Covid Tracker on a recensé 4,2 millions de cas en France

0,08

**2**

Selon l'institut Pasteur 17 % des personnes sont positifs (antigènes) au Covid en France

<https://modelisation-covid19.pasteur.fr/realtime-analysis/infected-population/?s=09>

l'hypothèse retenue ici est que 50 % des cas sont répertoriés On aurait donc 8.4 million de cas le 21 mars

#### Nombre de morts

On aurait donc 100.000 morts pour 11 millions de cas en France. Cette projection aboutit à 22 millions de cas avant l'arr de l'épidémie.

On ne peut en conclure que nous aurons encore 100.000 morts, car les vaccinations ont été faites sur les personnes les plus fragiles.

#### Effets des couvre feux et confinement

Cet effet est difficile à évaluer, il a été retenu égal à 0,2, c'est à dire que si R0 vaut 1.5 alors après confinement  $R_c = 1.5 \times (1-0,2) = 1,2$

#### Effet de l'immunité acquise

On retient ici une baisse proportionnelle de R donc si R0 vaut 1.5 et si la moitié de la population est immunisée  $R_i = 1.5/2 = 0,75$

Ceci prend en compte que les contaminations sont surtout faite au début lorsqu'on ignore la maladie

R est le nombre de contaminations provoquées par un seul malade. Pour simplifier on a considéré que la maladie ne durait que 10 jours

#### R

Souche ini. france **1,33**

Ces 2 coefficients correspondent au variant initial en France et au variant anglais

Variant anglais **2,44**

Leurs valeurs sont réglées en vérifiant que les 3 premières lignes correspondent à la réalité.

Il représentent la contagiosité moyennes des 2 variants avec des mesures de distanciations modérées.

#### pour nb de jours

**10**

On considère que la maladie dure 10 jours (pour sa contagiosités moyennes)

On a calcule R par jour,  $\exp(\log(R)/10)$  (ou racine 10ème de R). On n'est pas obligé de comprendre cela pour suivre ce tableau

#### Calculs

Ce qu'il y a de bien avec les exponentielles c'est que leur dérivée est aussi exponentielle, les calculs se basent sur le nombre de nouveaux cas. Car c'est la statistique la plus fiable.

Population française adulte **52 000 000**

(Les données sur tableur sont fournies à la demande)

Ces hypothèses permettent de lancer un calcul itératif, en calculant séparément variant anglais et souche initiale, et en tenant compte des personnes déjà contaminées et vaccinées.

### Simplifications :

Cette nouvelle estimation prend en compte une population de 52.000.000 de français adultes , sans tenir compte des enfants. On ignore aussi le délai entre la vaccination et l'acquisition de l'immunité. Comme indiqué ci-dessus on estime que seulement la moitié des cas sont connus. La colonne « nb de cas/jour » contient les cas connus. La colonne « nb déjà contaminés contient les cas connus plus les autres cas asymptomatiques ou non connus des statistiques officielles.

### Vaccination, confinement :

Cette estimation prend en compte les chiffres actuels de la vaccination.

Cette estimation ne prend pas en compte le confinement.

### Optimisme :

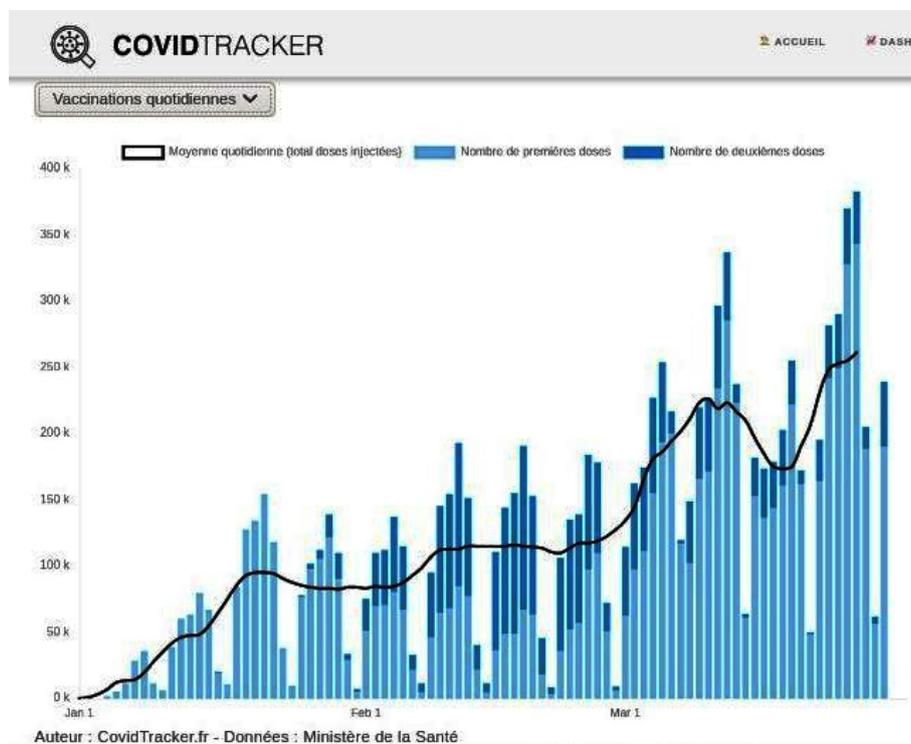
La crise qui s'annonce est sans précédent pour les hôpitaux. Des mesures pour soigner les gens chez eux en dehors de l'hôpital semblent quasiment absentes ou bien timides.

Nous avons eu 100.000 morts pour environ 8.000.000 de contaminations, et que nous prévoyons encore autant de nouvelles contaminations.

Mais les calculs montrent que la pandémie ne durera plus longtemps.

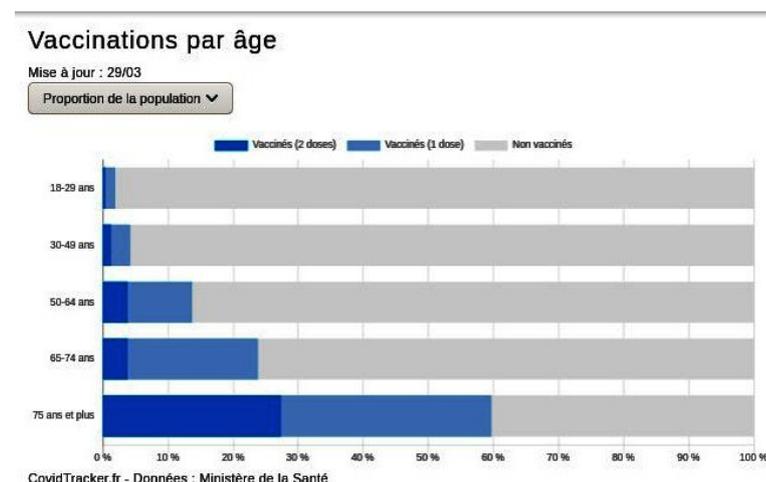
- Si la campagne de vaccination n'est pas remise en question par des polémiques ou des oppositions (par exemple on laisse des soignants refuser de se faire vacciner, et transmettre le Covid à l'hôpital).
- Si les vaccins se montrent adaptés ou adaptables aux variants qui circulent.

## 2 Vaccinations



Les nombres de vaccinations sont suivies sur le site [covidtracker.fr/vaccintracker/](https://covidtracker.fr/vaccintracker/)

Ces courbes montrent que les vaccinations ne fonctionnent pas le dimanche. Cependant le point limitant est aujourd'hui le nombre de doses disponibles.



La moitié des personnes de 75 ans et plus sont vaccinées.

Il leur est aujourd'hui très difficile de se faire vacciner, tous les sites de rendez vous en ligne sont fermés et les standard téléphoniques sont saturés, débranchés ou hors service.

A peu près la moitié des doses de vaccins ont été utilisées pour vacciner d'autres personnes.

Des arrivages de doses de vaccins sont annoncés pour le mois d'avril et semblent probables. On peut raisonnablement espérer une accélération.

Le rythme actuel retenu dans les calculs est pour le moment de 200.000 vaccinations par jour.

### 3 Résultats

Dates	Ecart jours	nb déjà Contaminés	nb Vaccinés	Population Sensible	nb cas de la période	nb/jour var-f	nb/jour Var-an	nb/jour Total	Vaccins nb/jour	Atténuation Confinement	R0-ac	R0-ac/j	R0-fc	R0-fc/j	R Apparent Sans distinguer Les variants
08/01/2021	0	5 500 000		46 500 000	585 981	20 987	716	21 703	70 370	0,2	1,746	1,057	0,951	0,995	
04/02/2021	27	6 458 569	1 900 000	43 842 393	970 716	18 349	3 223	21 571	91 111	0,2	1,646	1,051	0,897	0,989	1,00
21/03/2021	45	8 400 000	6 000 000	38 541 262	415 878	11 255	30 333	41 588	100 000	0,2	1,447	1,038	0,789	0,977	1,16
31/03/2021	10	9 455 214	7 000 000	37 356 539	527 607	8 876	43 885	52 761	200 000	0,2	1,402	1,034	0,764	0,973	1,27
10/04/2021	10	10 821 702	9 000 000	34 712 743	683 244	6 785	61 540	68 324	200 000	0,2	1,303	1,027	0,710	0,966	1,29
20/04/2021	10	12 521 887	11 000 000	32 135 033	850 093	4 819	80 190	85 009	200 000	0,2	1,206	1,019	0,658	0,959	1,24
30/04/2021	10	14 519 931	13 000 000	29 446 311	999 022	3 169	96 734	99 902	200 000	0,2	1,105	1,010	0,603	0,951	1,18
10/05/2021	10	16 696 641	15 000 000	26 809 231	1 088 355	1 909	106 926	108 835	200 000	0,2	1,006	1,001	0,549	0,942	1,09
20/05/2021	10	18 869 752	17 000 000	24 365 692	1 086 555	1 047	107 608	108 656	200 000	0,2	0,915	0,991	0,499	0,933	1,00
30/05/2021	10	20 848 674	19 000 000	22 248 477	989 461	522	98 424	98 946	200 000	0,2	0,835	0,982	0,455	0,924	0,91
09/06/2021	10	22 497 450	21 000 000	20 517 588	824 388	238	82 201	82 439	200 000	0,2	0,770	0,974	0,420	0,917	0,83
19/06/2021	10	23 765 669	23 000 000	19 159 244	634 110	100	63 311	63 411	200 000	0,2	0,719	0,968	0,392	0,911	0,77
29/06/2021	10	24 677 131	25 000 000	18 111 695	455 731	39	45 534	45 573	200 000	0,2	0,680	0,962	0,371	0,906	0,72
09/07/2021	10	25 296 578	27 000 000	17 299 273	309 724	14	30 958	30 972	200 000	0,2	0,649	0,958	0,354	0,901	0,68
19/07/2021	10	25 698 753	29 000 000	16 653 575	201 088	5	20 104	20 109	200 000	0,2	0,625	0,954	0,341	0,898	0,65
29/07/2021	10	25 950 144	31 000 000	16 121 763	125 695	2	12 568	12 570	200 000	0,2	0,605	0,951	0,330	0,895	0,63
08/08/2021	10	26 102 273	33 000 000	15 666 608	76 064	1	7 606	7 606	200 000	0,2	0,588	0,948	0,321	0,892	0,61
18/08/2021	10	26 191 737	35 000 000	15 263 431	44 732		4 473	4 473	200 000	0,2	0,573	0,946	0,312	0,890	0,59
28/08/2021	10	26 242 996	37 000 000	14 896 486	25 629		2 563	2 563	200 000	0,2	0,559	0,944	0,305	0,888	0,57
07/09/2021	10	26 271 659	39 000 000	14 555 976	14 332		1 433	1 433	200 000	1,2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,56
17/09/2021	10	26 271 659	41 000 000	14 251 514					200 000	2,2	0,000	0,000	0,000	0,000	

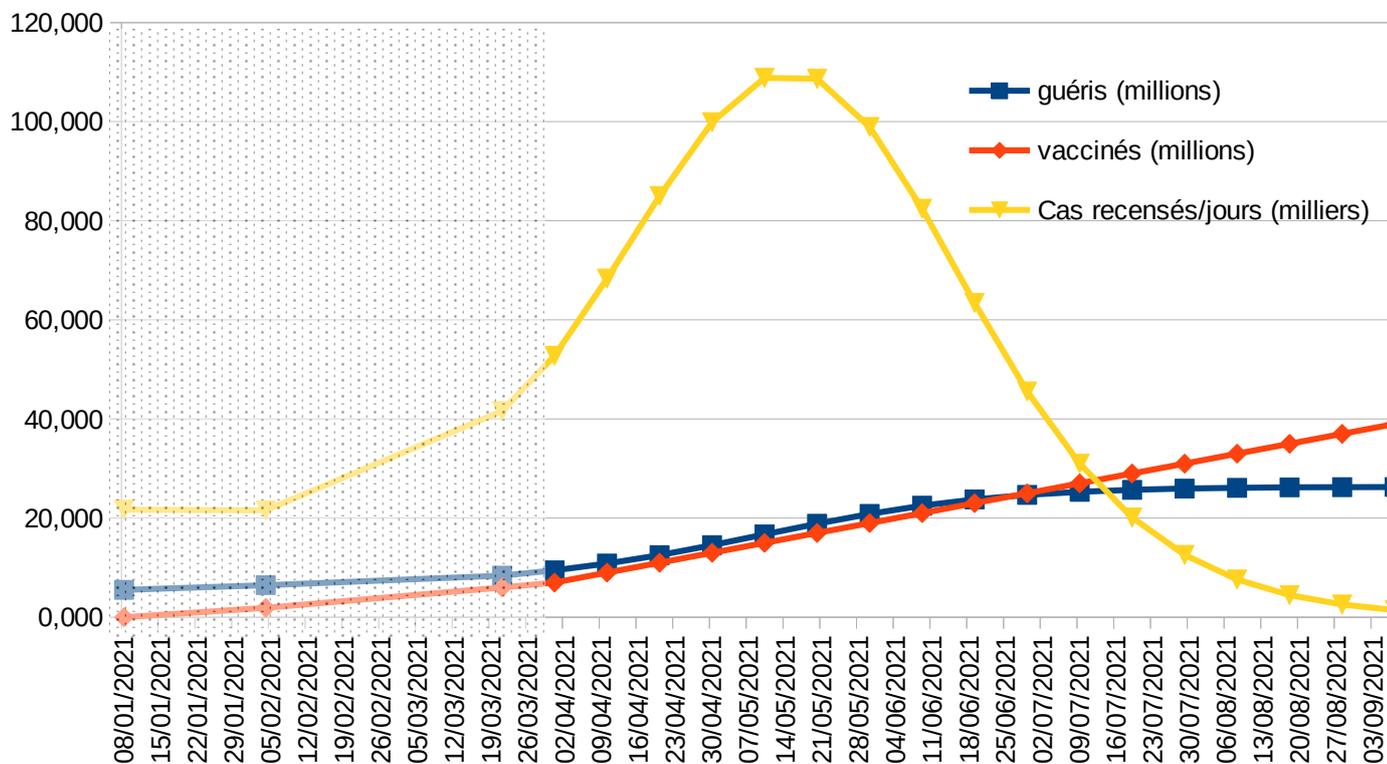
Les calculs sont fait itérativement via les formules d'un tableau.

Chaque pas de calcul est effectué pour un intervalle de 10 jours (ou mentionné en 2eme colonne). Le coefficient de contamination est affiché pour les 2 variants, pour 10 jours et pour 1 jour.

NB : R (pour 10 jours) = R (pour 1 jour) puissance 10. Cela est exprimé dans les formules au moyen de logarithmes.

Le coefficient R est choisi au départ pour « coller » avec la réalité, puis il est réduit en fonction de la fraction de population encore sensible à la maladie (non vaccinée et non précédemment atteinte).

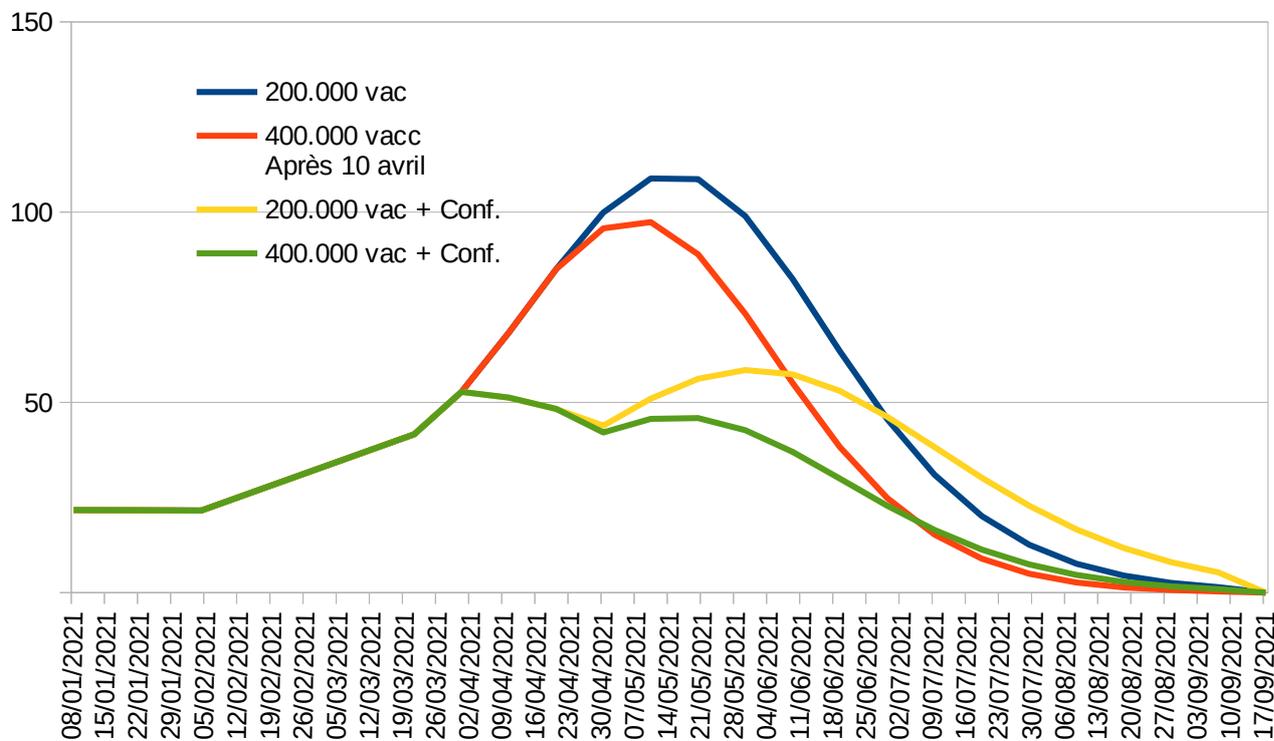
## 4 Courbes



Cette modélisation tient compte des personnes immunisées soit par la maladie soit par la vaccination. Elle aboutit à

- un pic de 108.000 cas par jour vers le 15 mai 2021, une quasi fin de l'épidémie vers mi-août.
- 17.000.000 nouvelles personnes contaminées (9.000.000 l'ont déjà été aujourd'hui provoquant 100.000 morts) mais on ne peut prédire le nombre de morts car d'une part, la vaccination a été plus importante pour les personnes fragiles mais par ailleurs le variant anglais peut être plus nocif.

## 5 Simulations d'hypothèses de vaccination



Les courbes ci-dessus représentent le nombre de cas journaliers déclarés de COVID pour les prochains mois calculés avec différentes hypothèses.

1. Courbe bleue : maintien du rythme de vaccination de 200.000 / jour sans confinement.
2. Courbe rouge : rythme de vaccination porté à 400.000 / jour après le 10 avril, sans confinement.
3. Courbe jaune : maintien du rythme de vaccination de 200.000 / jour avec 30 jours de confinement.
4. Courbe verte : rythme de vaccination porté à 400.000 / jour après le 10 avril, avec 30 jours de confinement.

NB : le calcul avec confinement est assez incertain, il correspond pour ces calculs à un paramètre d'atténuation retenu de 20 % par rapport à la situation actuelle. C'est à dire si le coefficient de transmission R est de 1.17, on retient un R(confiné) de 0.97.

On voit que :

- le confinement diminue le pic de l'épidémie, ce qui est essentiel pour les hôpitaux ;
- la vaccination la raccourcit et réduit le nombre final de contaminations ;
- la confinement permet d'attendre les effets de la vaccination.