

COVID-19 QUELQUES REPÈRES

10 avril 2020

COVID-19 Quelques repères
Gérald Rieux

Sommaire

Page 2 Sommaire

P 3 Introduction

P 4 Propagation de l'épidémie ; graphe
Vitesse de propagation et développement ; courbe image

P 8 La situation en France au 9 avril 2020
Courbes d'évolution des nombres de cas cumulés

P 13 Stratégie de contrôle ; cas en réanimation

P 15 Perspectives de sortie, courbe image, estimation, nombre de cas hospitalisés et décès
Tableau des effectifs population par tranches d'âge

P 20 Sortie du confinement. Conclusion provisoire

P 21 **Annexe :**
Estimation
Rapport de l'Imp. College et graphique ; annexe calculs
Caractéristiques du covid-19
Quelques sites de référence



Introduction

Cette présentation montre quelques aspects de la pandémie covid-19 en cours, limités à la France. Elle laisse de côté les aspects en débat - élections municipales, masques, dépistage, hydroxychloroquine, etc - pour se concentrer sur la compréhension de la cinétique de l'épidémie (sa vitesse de propagation). A partir des données disponibles officielles, quelques représentations, tableaux et courbes simples sont construites. La stratégie supposée de contrôle de l'épidémie en cours en France est commentée ; une tentative d'extrapolation sur l'évolution de l'épidémie est proposée.

Les données sont celles du 08 avril 2020 (des mises à jour du document seront peut être établies). Ce document est une édition 2.

Le tableau de calcul n'est pas inclus pour des raisons de lisibilité, il peut être fourni par ailleurs.



Propagation de l'épidémie

1/ Une personne exposée au virus peut être contaminée et développer la maladie, soit avec des symptômes soit sans symptômes perceptibles, soit même ne pas la développer mais être néanmoins porteuse du virus. Dans ces 3 cas elle est contagieuse pendant une certaine durée.

La durée moyenne de l'incubation est de 5 à 6 jours (un majorant, retenu pour la définition de la durée de « quarantaine » est de 14 jours).

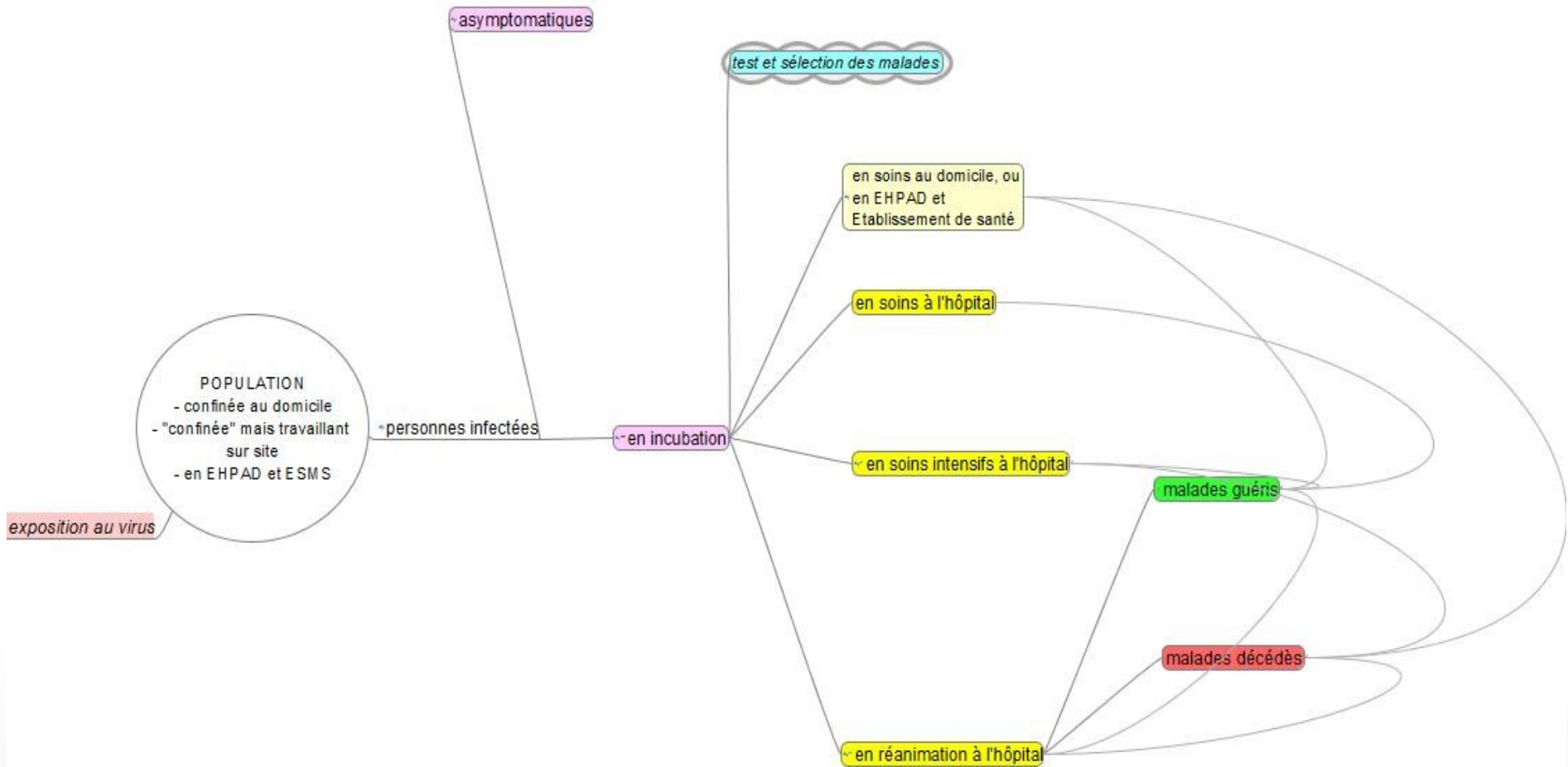
Lorsque les symptômes apparaissent, l'appel au médecin permet l'orientation vers le type de soins le plus adapté : au domicile (ou en Ehpad ou ESMS Établissement de santé médico social), à l'hôpital en soins covid, intensifs, ou même réanimation dans les cas graves. L'issue est la guérison, dans la très grande majorité des cas (sans séquelles la plupart du temps), ou le décès.

Voir graphe représentatif page suivante.

Les catégories en jaune vif représentent la charge dans le système de santé.

2/ Une simulation de la transmission du virus est clairement montrée dans la vidéo :

<https://youtu.be/U3RLlrZ-hMY>





Vitesse de propagation et développement

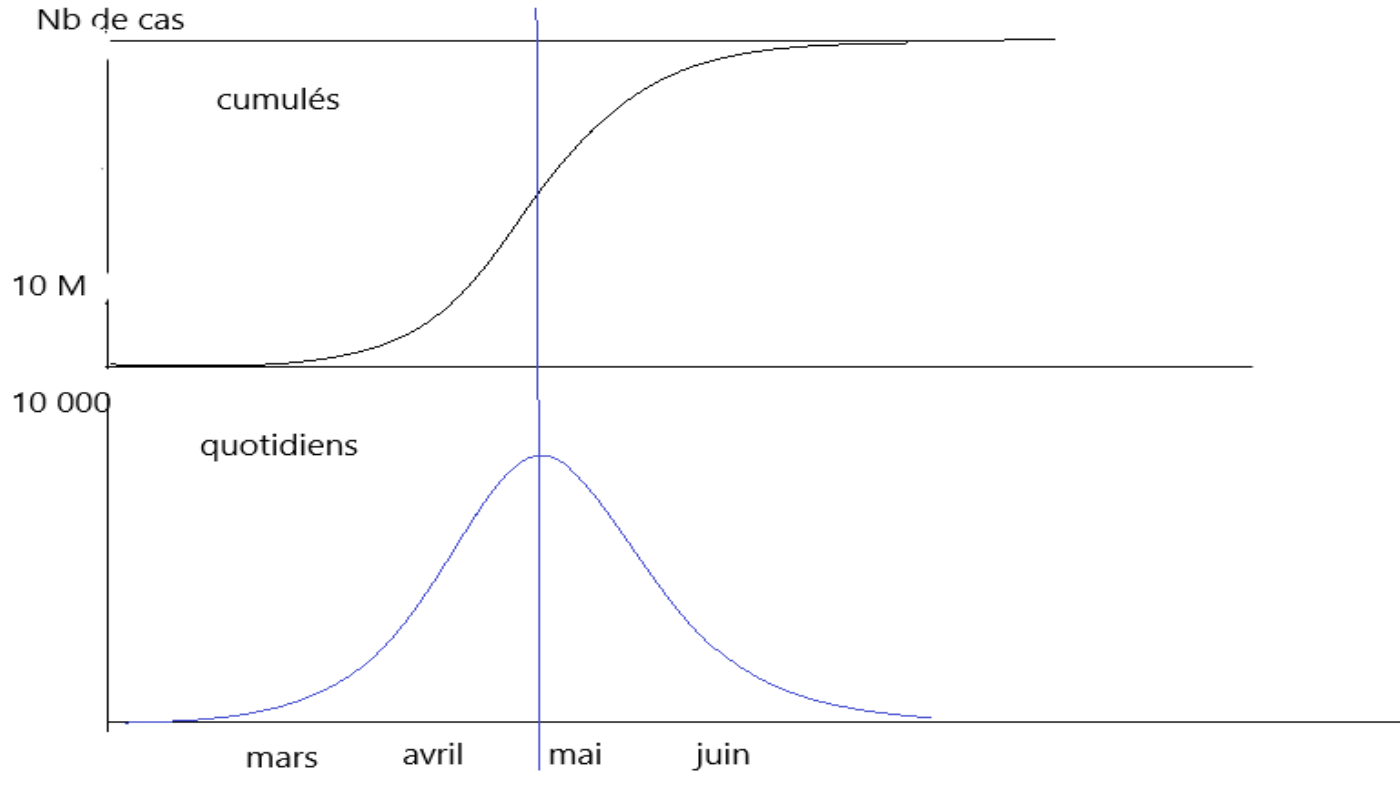
3/ Vitesse de propagation : une caractéristique du virus est le taux de reproduction de base R_0 . Pour l'étude de la propagation en conditions réelles c'est la valeur R_t qui est utile, qui représente le nombre de personnes infectées en moyenne par une personne porteuse du virus : combinaison donc de caractères spécifiques du virus (dont R_0), et des caractéristiques « environnementales » : nombre plus ou moins grand de personnes rencontrées pendant un temps donné (autrement dit densité de population et lieux fréquentés), mesures de protection individuelles et collectives en place, et dépistage. Un taux R_t supérieur à 1 signifie une augmentation du nombre de contaminations quotidiennes.

Le covid-19 est moyennement contagieux, mais il présente une période d'incubation avec peu de symptômes mais contagiosité, sans parler des nombreux cas asymptomatiques. Il importe donc de faire barrière, une fois l'épidémie déclarée, par une combinaison de mesures, dont la modulation permet de « contrôler » quelque peu l'épidémie.

Les deux courbes page suivante illustrent un développement type d'une épidémie. La courbe du haut cumule le nombre de cas quotidiens, représentés sur la courbe du bas. Le sommet de celle-ci correspond au point d'inflexion de la courbe cumulée. Avant ce point d'inflexion le taux de croissance du nombre de cas cumulé est positif, au point d'inflexion il est égal à 1, et inférieur à 1 et décroissant au-delà.

Courbe image du développement de l'épidémie

courbe purement indicative, en nombre de cas comme en durée



10 avril 2020



La situation en France

Les différentes catégories de cas et évolution :

Le tableau de la page suivante expose la répartition des des différentes catégories, arrêtée au 9 avril.

Evolution des cas cumulés : Les 3 pages qui suivent sont des courbes montrant l'évolution des cas confirmés et décès depuis le 1er mars (le jour 1 correspond au 4 mars ; ainsi par exemple la graduation 25 correspond au 28 mars) jusqu'au 8 avril. Les cas « confirmés » sont les cas enregistrés par l'administration hospitalière ; les données de santepubliquefrance font apparaître depuis le 31 mars les malades et les décès dans les ESMS (Etablissements sociaux et médico-sociaux, incluant très vraisemblablement les EHPAD). Quelques jours supplémentaires seraient nécessaires pour mieux analyser la tendance globale après ce nouveau décompte.

Capacité du système de soins français :

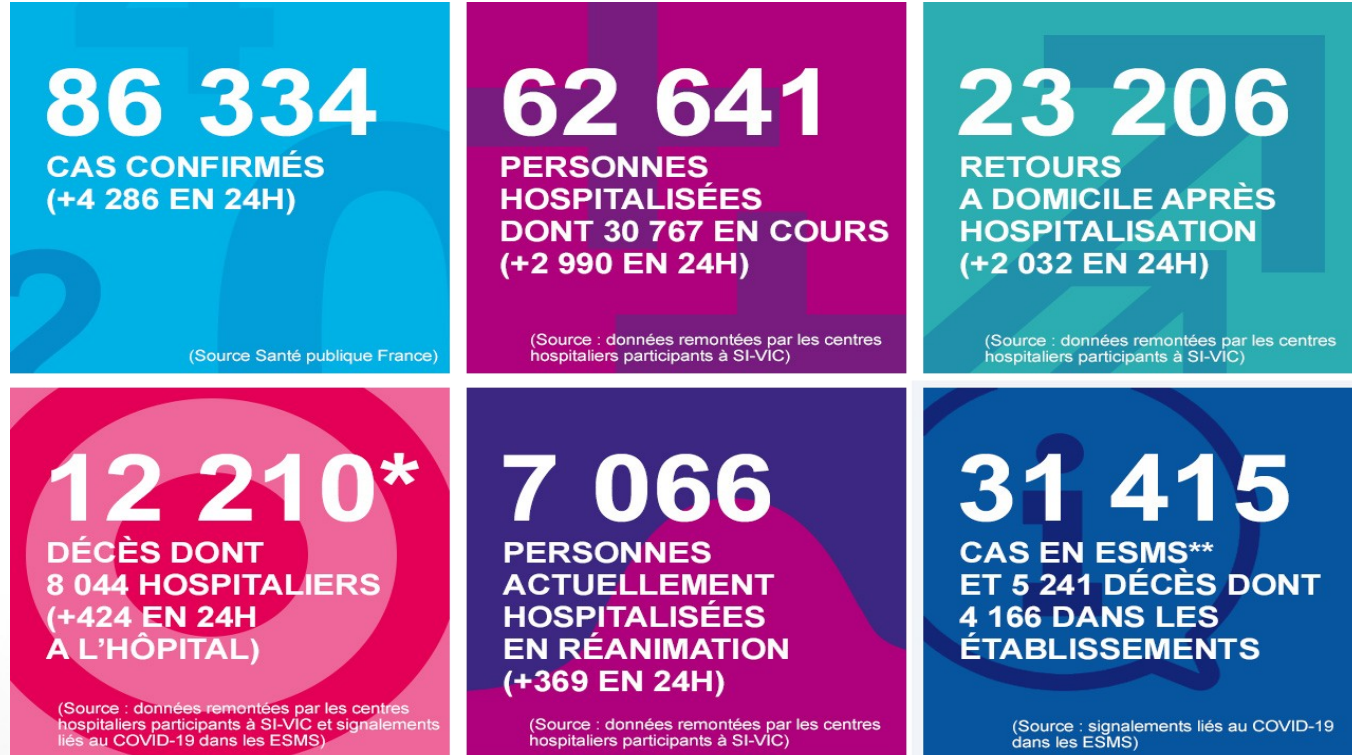
Lits intensifs : généralement destinés à une pathologie grave avec un seul organe touché.

Lits réanimation : généralement destinés à pathologie plus grave avec défaillances multiorganiques ; équipements lourds pour intubation ventilation neurosédation.

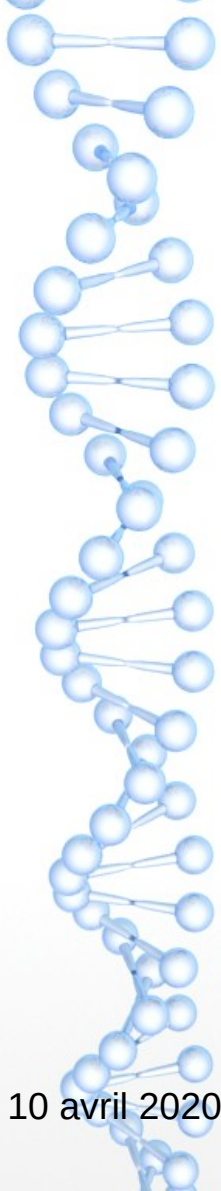
Il semble que les données disponibles ne distinguent pas entre les capacités en soins intensifs et en réanimation ; la capacité actuelle serait de 10 000 lits au 28 mars (selon statcorona.fr).

Situation France au 9 avril

(source sante publique France)

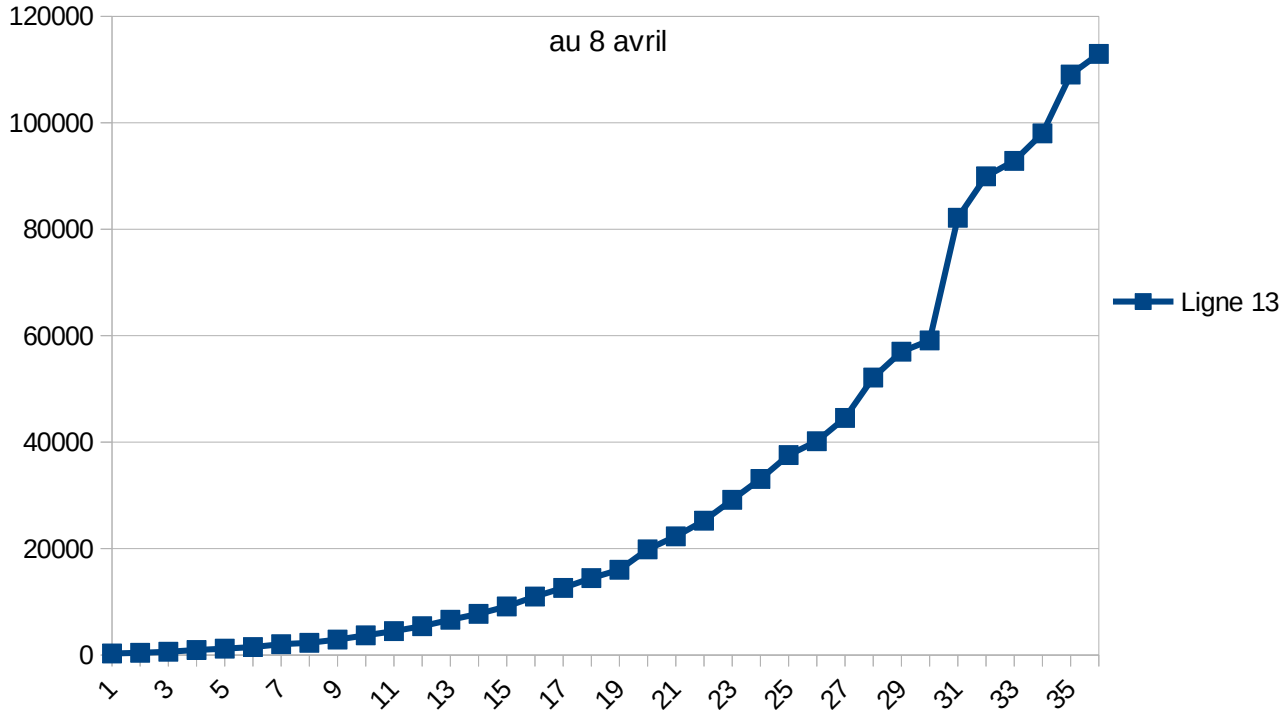


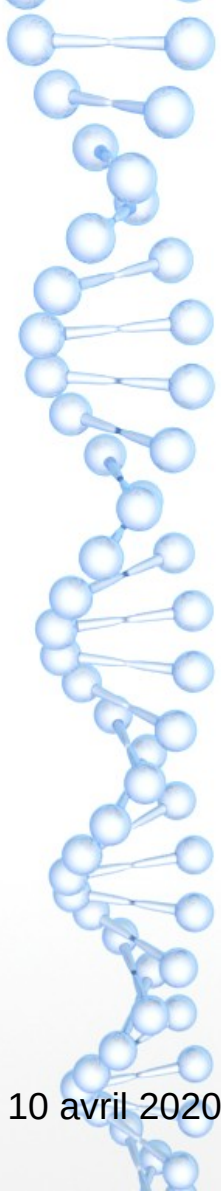
10 avril 2020



10 avril 2020

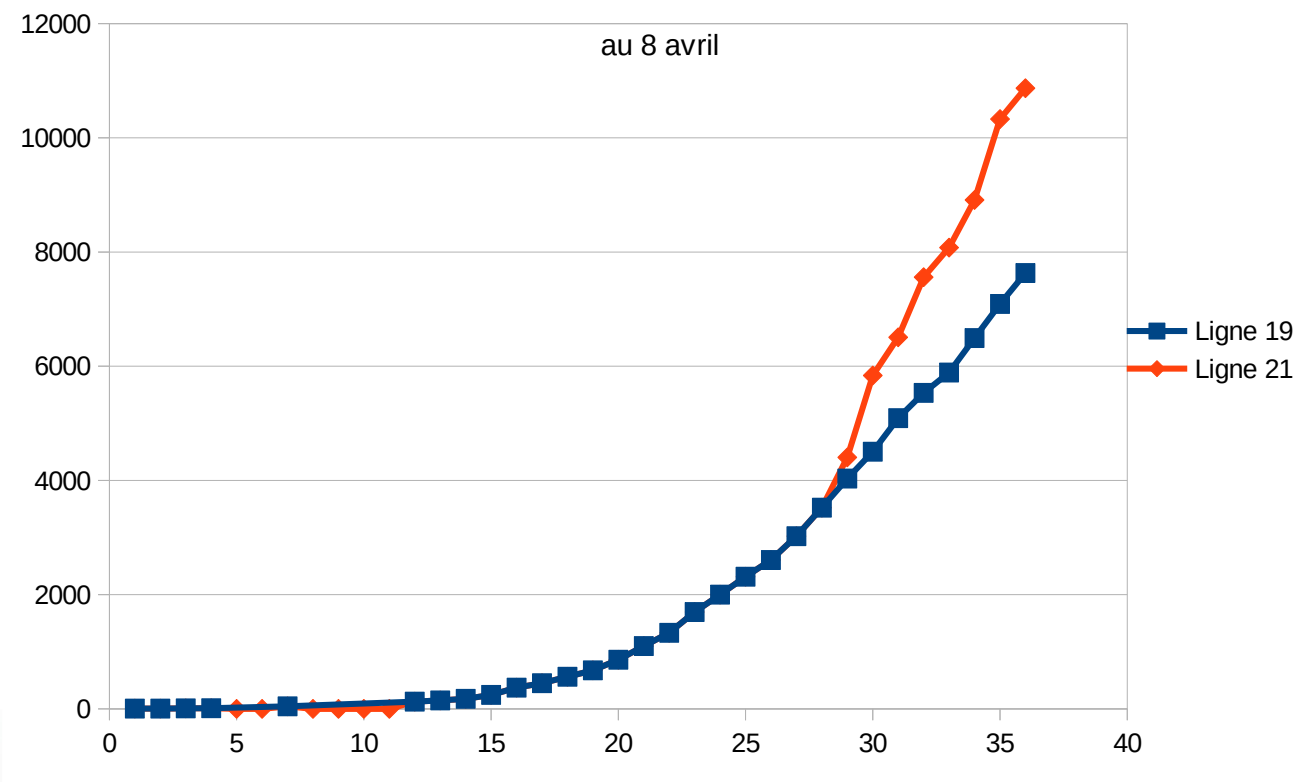
Nb cas confirmés fonction du temps (jours)
inclut les données Ehpad à compter du jour 31

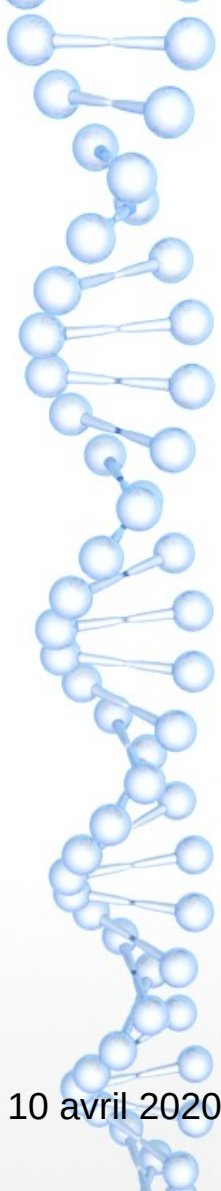




10 avril 2020

Nb de décès hôpital et cumulé avec Ehpad

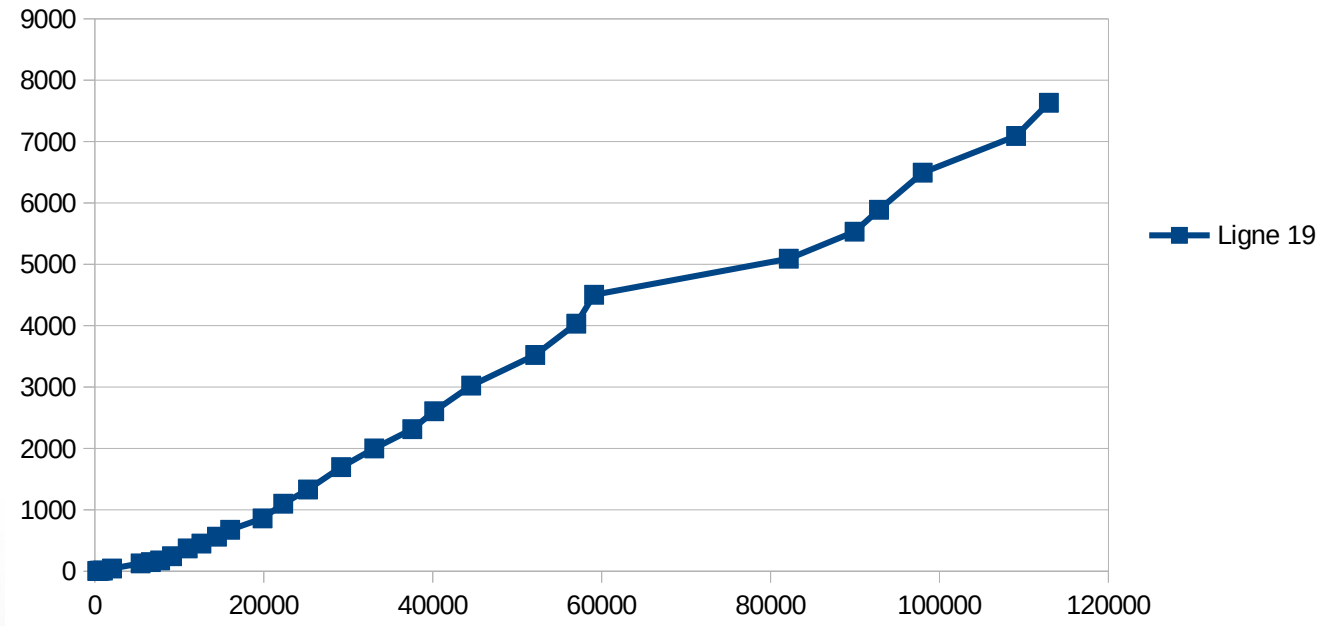


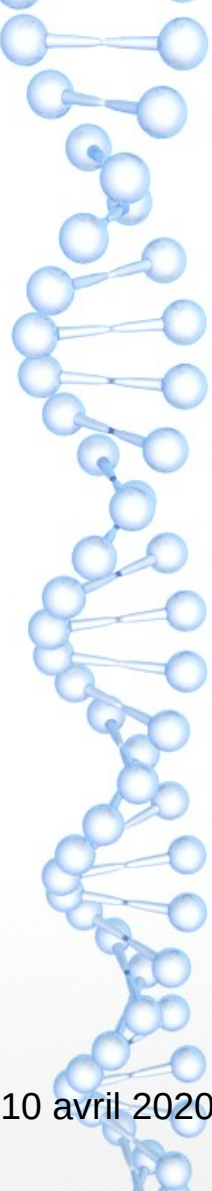


10 avril 2020

Nb de décès fonction nb cas confirmés

au 8 avril





Stratégie de contrôle, perspectives de sortie

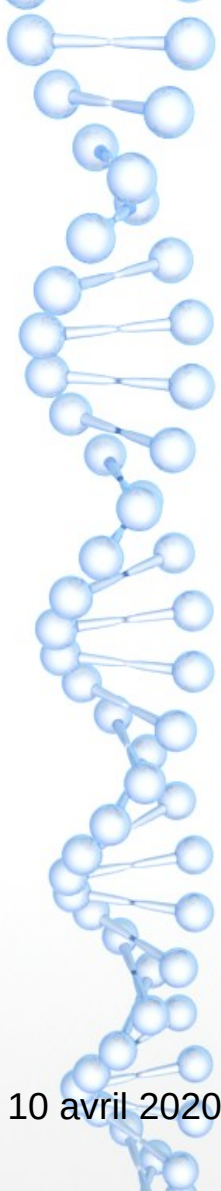
La stratégie de contrôle : On peut comprendre que l'option choisie par les pouvoirs publics, faute peut-être d'avoir pu circonscrire la zone d'origine à son début, et de disposer de moyens de protection individuels efficaces, est la suivante : mettre à l'écart autant que possible la population la plus vulnérable - les personnes âgées - et contrôler la propagation afin que le système de soins national ne soit pas débordé, dans l'attente du moment où une proportion suffisante de personnes sera immunisée : alors la propagation de l'épidémie ralentira puis s'arrêtera. Cela suppose que toute la population ne soit pas absolument confinée, et l'option a été prise de maintenir au mieux une activité économique dans les entreprises et services.

Perspectives de sortie : Pour tenter d'apprécier quand et comment et avec quel bilan cette démarche - certes évolutive - va aboutir, il faut donc considérer parallèlement la situation du système hospitalier, et celle de la progression de l'immunité dans la population.

La charge du système hospitalier : Il y a au 8 avril environ 30 000 patients covid-19 hospitalisés. Parmi lesquels 7 000 environ en soins intensifs/réanimation ; pour la capacité indiquée plus haut de 10 000 lits, cela ne devrait donc pas saturer le système de soins, sauf localement.

En outre cette valeur de 7 000 paraît bien arriver à un palier, voir courbe page suivante : il y a autant de patients qui entrent que de patients qui sortent du système.

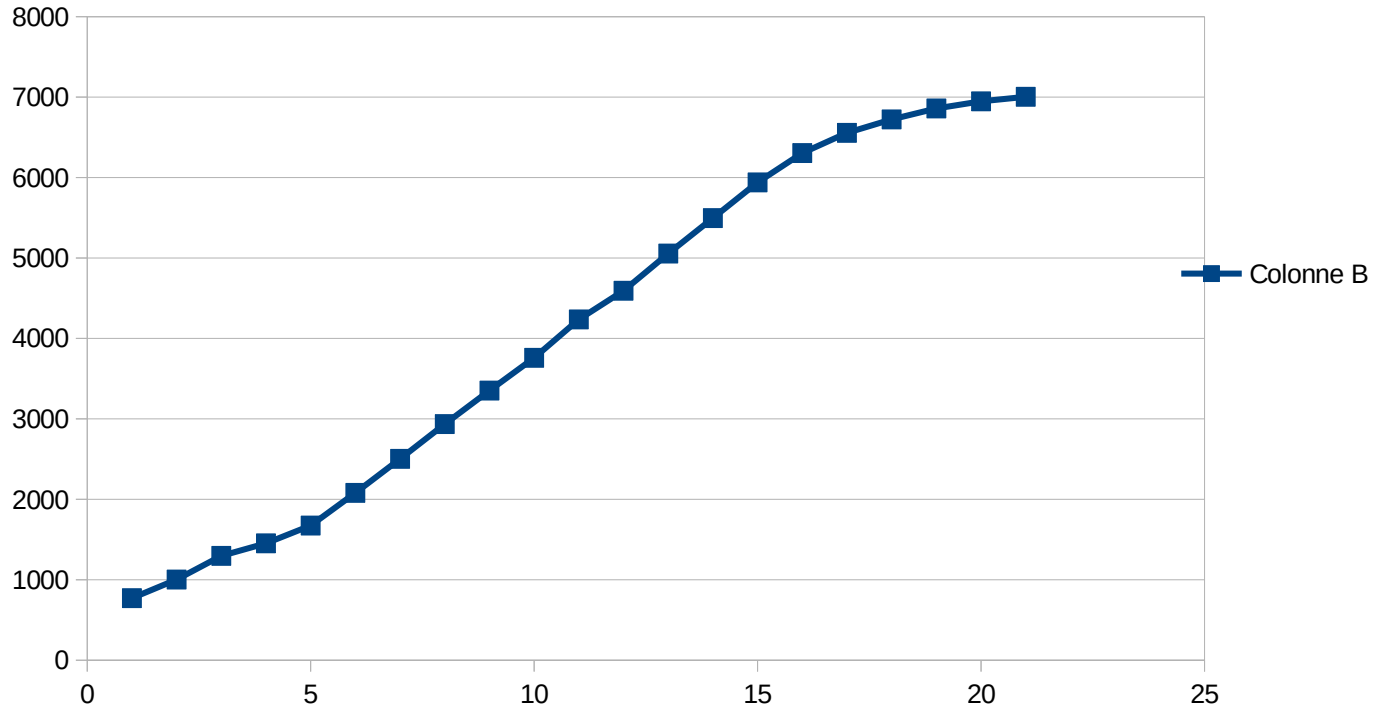
Cela ne préjuge pas de la valeur du flux entrant, qui est élevée : en valeurs arrondies, + 3 000 au total, dont 370 en réanimation, pour la journée du 8 avril. Mais la vague n'a pas submergé le système de soins.



10 avril 2020

Cas en réa, du 18 mars au 7 avril

source Géodes Santepubliquefrance



Perspectives de sortie

La population immunisée : Les catégories asymptomatiques et guéris, sont maintenant immunisées (du moins pour l'épidémie en cours). Les cas « confirmés » ne représentent qu'une petite fraction des cas de personnes infectées par le virus.

Diverses considérations officielles laisseraient penser que le total pourrait représenter peut être 4 ou 5 fois ou plus le nombre de cas confirmés (voir raisonnement en annexe). Soit, au 9 avril pour 117 700 confirmés (et 12 200 décès), en cumulé, un nombre total qui pourrait donc être aux environs de 600 000 cas.

Une autre source, plus scientifique, est donnée par le rapport n°13 de l'Imperial College du 30 mars (voir annexe également). Celui ci établit, après de savantes considérations, que le taux de contamination à cette date du 30 mars pourrait être de 3,0 % de la population française ; soit 2,1 M (2 100 000) personnes. Ces deux estimations sont assez différentes, dans un rapport de plus de 3.

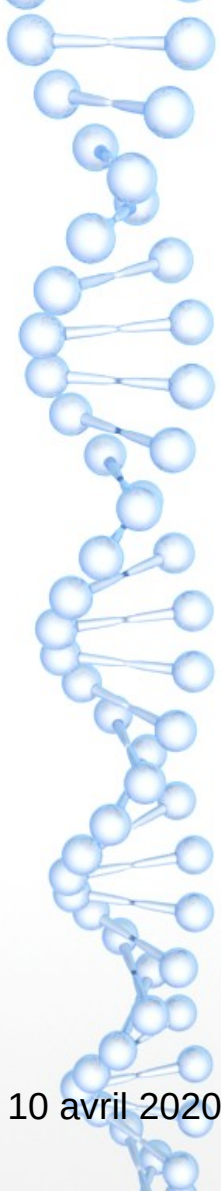
A quel moment une épidémie ralentit-elle ?

Les valeurs couramment indiquées - à voir s'il s'agit du début du ralentissement certain, ou de la quasi extinction des nouvelles contaminations - sont de 50 à 60 % de la population ; retenons cette valeur indicative de 60 %.

De quelle population s'agit-il ? Population non confinée allant au travail sur site ou population confinée ?

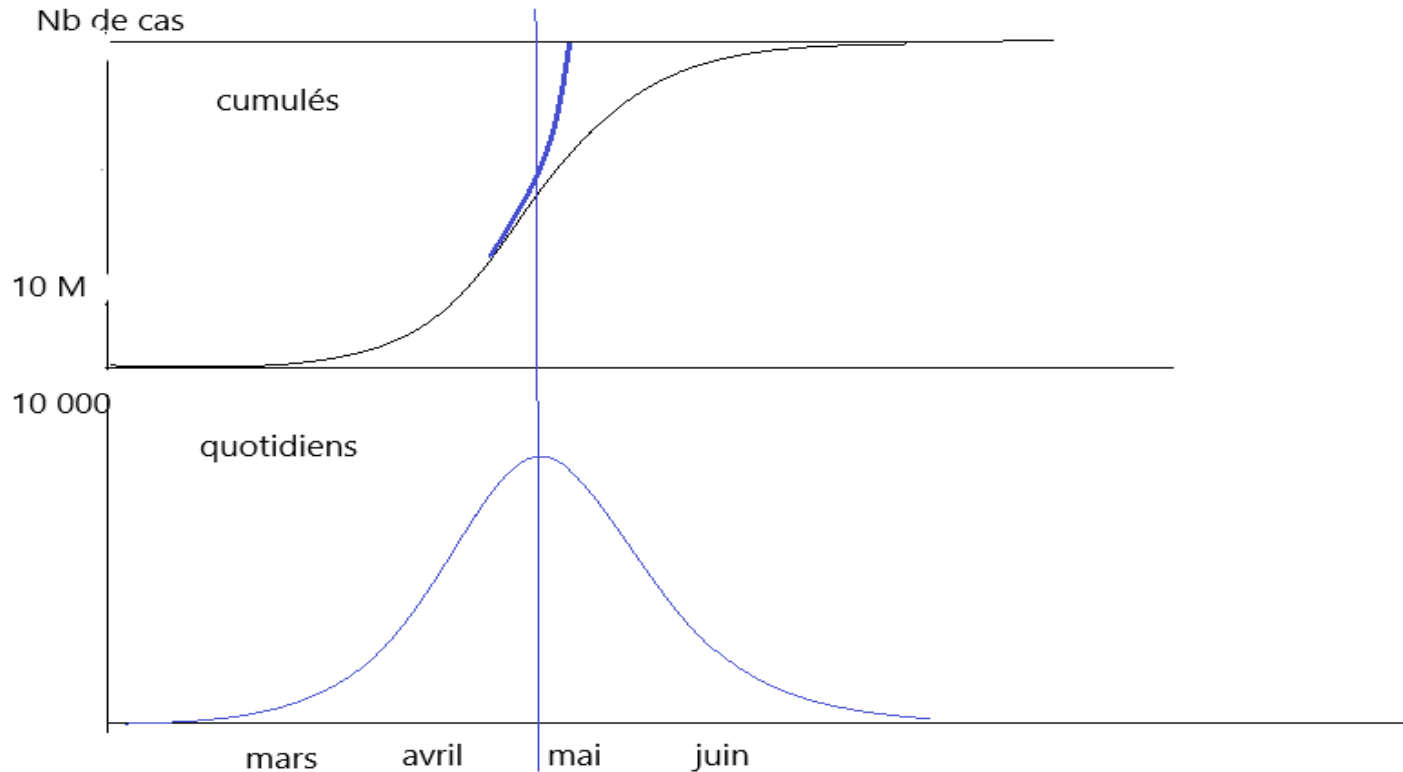
Du fait de la porosité entre ces catégories, et d'ailleurs également avec les ESMS, on peut choisir de traiter la question globalement, afin de faire une estimation de la date ce « début de la fin ».

Actuellement on ne sait pas où se trouve le point représentatif sur la courbe image du nombre de cas. On va néanmoins poser une courbe complémentaire, qui peut indiquer une date plausible, en fait une date telle que l'évènement en question sera normalement au-delà. Voir courbe page suivante.



Perspectives de sortie

Courbe image virtuelle



10 avril 2020

Perspectives de sortie ; estimation

On veut donc calculer la durée pour laquelle l'effectif de la population immunisée passera d'une valeur à une autre valeur, autrement dit sera multiplié par un certain ratio. Le problème général simple consistant à prolonger une tendance par une fonction exponentielle approchée est traité en annexe, et appliqué donc à ce calcul (qui suppose que le taux de croissance de la population contaminée globale est le même que celui des cas confirmés).

Reprenons-en le résultat :

n : durée en jours ;

Calcul avec les données Imperial College : passer de 3 % de la population totale à $t = t_0$ au 30 mars, à 60 % à $t = t_n$;

taux d'accroissement constaté au 30 mars : $a = 1,10$

Résultat : $n = 31$ jours ; cela conduit donc à la date de début mai.

Commentaire : cette estimation du 1er mai est purement indicative : d'une part elle est très sensible à la valeur retenue pour le taux a ; et surtout la courbe réelle sera fonction des mesures évolutives qui seront prises.



Discussion : nombre de cas hospitalisés, et décès

Avec un effectif théorique de 40 M de personnes contaminées, c'est à dire une multiplication par 20 de cet effectif par rapport au 30 mars on peut évaluer l'ordre de grandeur (en cumulé) des effectifs de différents cas, en multipliant par 20 leur valeur (en cumulé) au 30 mars (avec une incertitude pour les cas décès), soit :

- cas hospitalisés : $21\ 000 \times 20 = 420\ 000$ personnes
- cas en réanimation : $5\ 000 \times 20 = 100\ 000$ personnes
- cas décès : $4\ 500 \times 20 = 90\ 000$ personnes

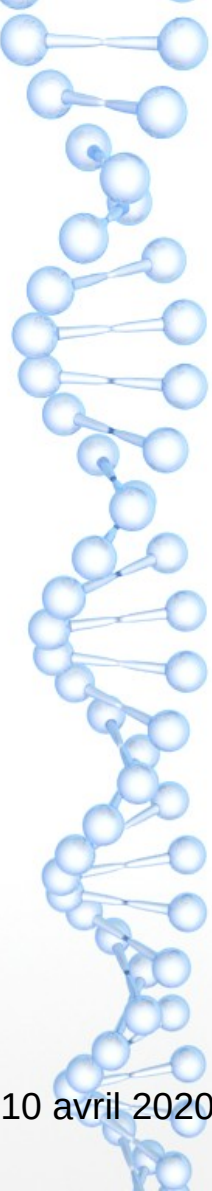
Ces valeurs, qui ne sont que des projections simplistes, pourront être sensiblement atténuées si l'épidémie peut être stoppée avant son terme « naturel » par l'adoption d'autres mesures de protection.

D'autre part ces valeurs sont des projections globales, qui ne prennent pas en compte réellement les situations des différentes tranches d'âge de la population. Le tableau page suivante précise quelques données : on peut associer des statuts différents selon l'âge, ainsi pour les scolaires et étudiants, pour les actifs, pour les retraités et personnes en ESMS.

Tableau des effectifs par tranche d'âge

Effectifs et pourcentages de cas au 15 mars ; à *actualiser*

n° classe	classes d'âge	%	cas confirmés	%/pop tranche	cas réanimation	%/ cas confirm	cas décès	%/ cas réanim	%/ cas confirm
1	Moins de 15 ans	17,81	126	0,001	3	2,38	0	0,00	0,00
2	15-21	8,48	429	0,008	4	0,93	0	0,00	0,00
3	22-44	27,27	1379	0,008	12	0,87	2	16,67	0,15
4	45-64	25,94	2067	0,012	80	3,87	11	13,75	0,53
5	65-74	11,00	850	0,012	78	9,18	20	25,64	2,35
6	75 ans et plus	9,50	1236	0,019	103	8,33	127	123,30	10,28
	67 063 703	100	6087	0,009	280	4,60	160	57,14	2,63



Sortie du confinement . Conclusion provisoire

Puisque les personnes confinées n'auront pas beaucoup été en contact avec le virus, elles ne seront pas largement immunisées. Donc on ne pourrait les libérer qu'en étant quasiment sûr qu'il n'y a plus de foyer d'infection, ou que celui ci est circonscrit et isolé, et en maintenant les mesures de protection individuelles. Ce qui va demander du temps.

En même temps il ne faut pas perdre de vue le paradoxe de la doctrine apparente : actuellement on laisse la population se contaminer à vitesse modérée en la soignant le mieux possible.

Jusqu'où veut-on aller, jusqu'à quel effectif immunisé ? Moyennant du dépistage à grande échelle (ou des soins curatifs efficaces), il est possible de ne plus viser un effectif immunisé aussi élevé, et de prévoir un déconfinement certes progressif et contrôlé, mais moins lent.

Conclusion provisoire en forme de questions :

Pour l'immédiat : On ne parlera pas ici des questions socio et psycho et économique liées au confinement, ni de la situation difficile des personnels soignants. Questions néanmoins essentielles bien sûr.

Pour demain : Quel scénario pour la sortie du confinement ?
Comment préparer la reprise d'une activité « normale » ?

Pour après -demain : Faut-il réfléchir à une organisation différente de notre société ?

Annexe

Estimation du nombre de cas de malades non détectés (non « confirmés) : L'institut Pasteur indique : l'infection peut être asymptomatique ou paucisymptomatique (entraîner pas ou peu de manifestations cliniques) chez 30 à 60 % des sujets infectés. Par ailleurs le ministre de la santé a indiqué, alors que le nombre de cas confirmés était de 16 000, qu'il y avait dans la population un global de personnes infectées, comprenant donc les cas confirmés, porteurs sains, et autres non détectés (asymptomatiques) compris entre 30 000 et 90 000 personnes ; on peut supposer que cela inclut les cas en incubation. En croisant les deux données, on peut estimer les valeurs possibles suivantes : 16 000 sains, 32 000 asymptomatiques, pour un total de 64 000, donc **4 fois le nombre de confirmés**

La charge du système de santé : elle dépend du flux de malades à soigner. Cette évaluation devrait pour être vraiment pertinente être conduite région par région, le territoire national présentant de grosses hétérogénéités. Et compte tenu du confinement différencié en catégories qu'on peut identifier en fonction de l'âge, il est souhaitable de prendre celles-ci en compte. Le tableau page 19 présente les données de base, construites à partir des données INSEE de la répartition par tranches d'âge, et des données santepublique au 15 mars (pour les point épidémio ultérieurs, les données santepublique sont donnés dans des diagrammes barre).



Imperial College Rapport n°13 ; annexe calculs

- Etude de l'Imperial College Report n°13, 30 mars. Après de savantes considérations et équations, le rapport établit un « modèle », puis vérifie sa validité : sur le graphique central de la page suivante, la courbe suit correctement les barres représentant les cas de décès quotidiens réels. Et le graphique de gauche montre les cas de contamination correspondants - ordre de grandeur, au milieu du spectre d'incertitude : 100 000 cas par jour ! Au 30 mars il est indiqué par ailleurs un taux de contamination de 3,0 % (milieu de l'intervalle 1,1 % - 7,4%) de la population française, soit 2,1 M de personnes...

Annexe calculs :

n : durée en jours ;

U_n/U_0 : ratio entre effectif de départ U_0 et effectif d'arrivée U_n ;

a : taux d'accroissement quotidien lissé de la fonction observée au point considéré pour l'extrapolation ;

Résultat : $n = \log (U_n/U_0)/\log(a)$

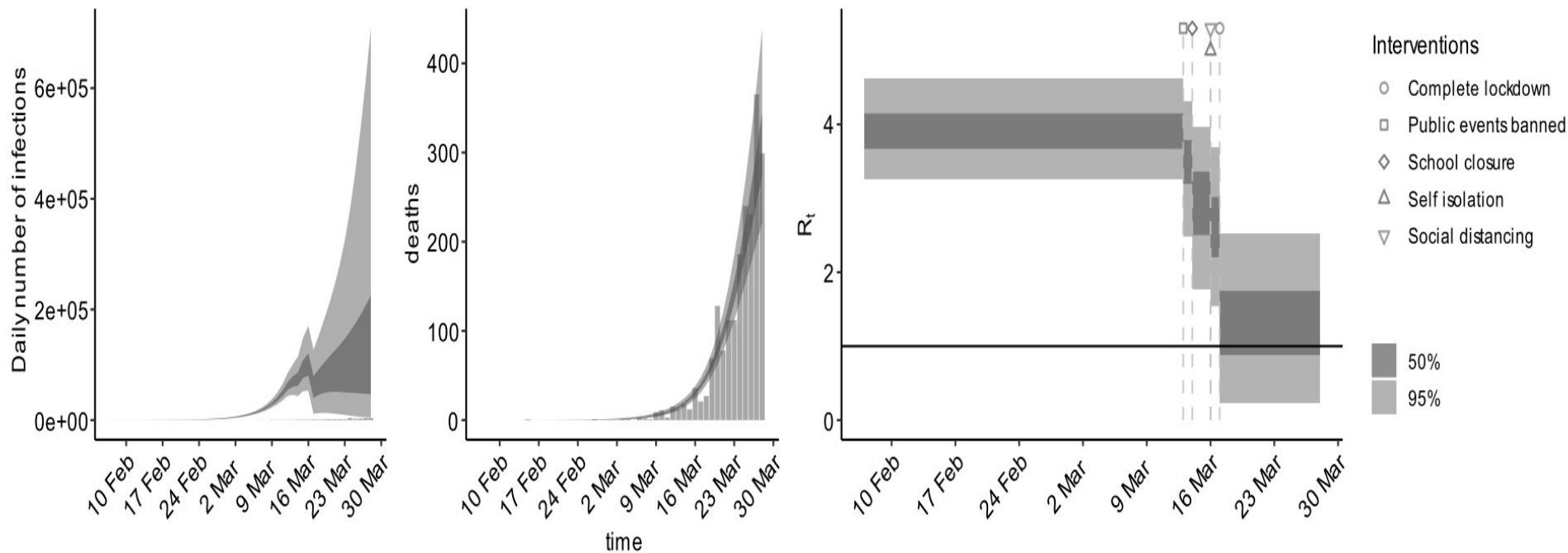
Calcul avec les données Imp Coll : passer de 3 % de la population totale à $t = t_0$ au 30 mars, à 60 % à $t = t_n$;

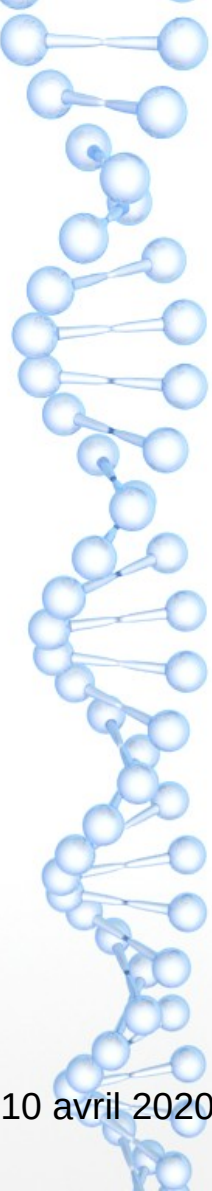
taux d'accroissement constaté au 30 mars : $a = 1,10$

Résultat : $n = \log 20/\log 1,10 = 31$ jours ; cela conduit donc à la date de début mai.

Imperial College Report n°13

(D) France





Quelques caractéristiques du covid-19

page à rédiger

- Taux de transmission R_0 : diffusivité
- Taux de létalité : agressivité
- Transmission asymptomatique
- Clinique
- Durée d'incubation, contagiosité
- Mutations
- Retour l'année prochaine ?



Quelques sites de référence

- Santé publique : santepubliquefrance.fr
- <https://www.gouvernement.fr/info-coronavirus>
- Institut pasteur : pasteur.fr
- worldometers.info
- Organisation mondiale de la santé :
<https://www.who.int/fr/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>
- <https://www.imperial.ac.uk/mrc-global-infectious-disease-analysis/covid-19/>
- <https://technologie-web.com/index.php/infos-rapides/simulation-coronavirus/>
- nextstrain.org : génétique du virus et mutations
- Art-bd.shinnyapps.io : simulation du développement d'une épidémie