

NOTEBOOK PYTHON ICI

Objectif

Je m'intéresse dans cet article aux différentes métriques utilisées pour le suivi de la propagation du virus SARS-COV-2 et de la maladie COVID.

Les politiques de gestion de la situation liée à ce virus cherchent *in fine* à éviter deux phénomènes, mesurés par deux métriques :

- Un dépassement des ressources hospitalières critiques
 - Mesuré par le taux d'occupation des lits de réanimation
- Une surmortalité en population générale
 - Mesurée par le nombre de décès hospitaliers liés au COVID
 - Auquel on peut ajouter une estimation des décès survenus en EHPAD

D'autres métriques sont annonciatrices d'une évolution favorable ou défavorable de la situation, et ce de part la succession temporelle des événements pour un individu :

Transmission du virus => (éventuelle) Maladie => (éventuelle) Maladie grave => (éventuelle) Admission en hospitalisation d'urgence => (éventuel) passage en réanimation => (éventuel) décès.

Je m'intéresse aux métriques annonciatrices suivantes :

- Nombre de tests positifs réalisés par les laboratoires et pharmacies en ville
- Taux d'incidence des Infections Respiratoires Aigües mesuré par le réseau Sentinelles
- Le nombre de passages aux urgences pour suspicion de COVID
- Le nombre d'actes médicaux SOS Médecins pour suspicion de COVID

Ces différentes métriques mesurent la situations à différents points de la succession temporelle définie ci-dessus. Le point de mesure n'est d'ailleurs pas toujours clairement défini : par exemple, un test positif peut survenir pour la première fois lors de la transmission ou lors de l'apparition de la maladie ou même lors de l'hospitalisation.

Je définis également une métrique théorique calculée rétrospectivement à partir du nombre de décès liés à la COVID par tranche d'âge. Le point de mesure de cette métrique est exclusivement à la transmission du virus. Je l'appelle "Nombre théorique d'infections".

Cette métrique ne peut pas être utilisée pour un suivi puisque par définition, elle ne peut être calculée que dans le futur, une fois que tous les décès imputables aux infections d'un jour donné soient survenus...

Cependant, je compare ce nombre théorique d'infections aux métriques annonciatrices afin de déterminer laquelle d'entre elles permet le meilleur suivi.

Sources de données

Métrique	Source	Fichier	Description
Tests positifs	SI-DEP via Santé Publique France data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-relatives-aux-resultats-des-tests-virologiques-covid-19/	https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/r/b4ea7b4b-b7d1-4885-a099-71852291ff20 Et à partir du 29 Mai 2020 https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/r/001aca18-df6a-45c8-89e6-f82d689e6c01	Format CSV Nombre de tests par région, sexe et résultat (positif ou négatif)
Taux d'incidence IRA	Réseau Sentinelles https://www.sentiweb.fr/france/fr/?page=maladies&mal=25	https://www.sentiweb.fr/datasets/incidence-REG-25.json	Format JSON Par semaine et région : estimation (haute, basse, moyenne) absolue et par 100.000 habitants
Passages aux urgences	SOS Médecins et OSCOUR via Santé Publique France https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-des-urgences-hospitalieres-et-de-sos-medecins-relatives-a-lepidemie-de-covid-19/	https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/r/d2af5160-a21d-47b7-8f30-3c20dade63b1	Format CSV Par jour, région et classe d'âge et type (COVID ou pas) : nombre d'actes SOS Médecins et nombre de passages en urgence
Actes SOS Médecins			
Décès hospitaliers	Santé Publique France https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-hospitalieres-relatives-a-lepidemie-de-covid-19/	https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/r/08c18e08-6780-452d-9b8c-ae244ad529b3	Format CSV Par jour, région et tranche d'âge de 10 ans: nombre de décès hospitaliers liés à la COVID

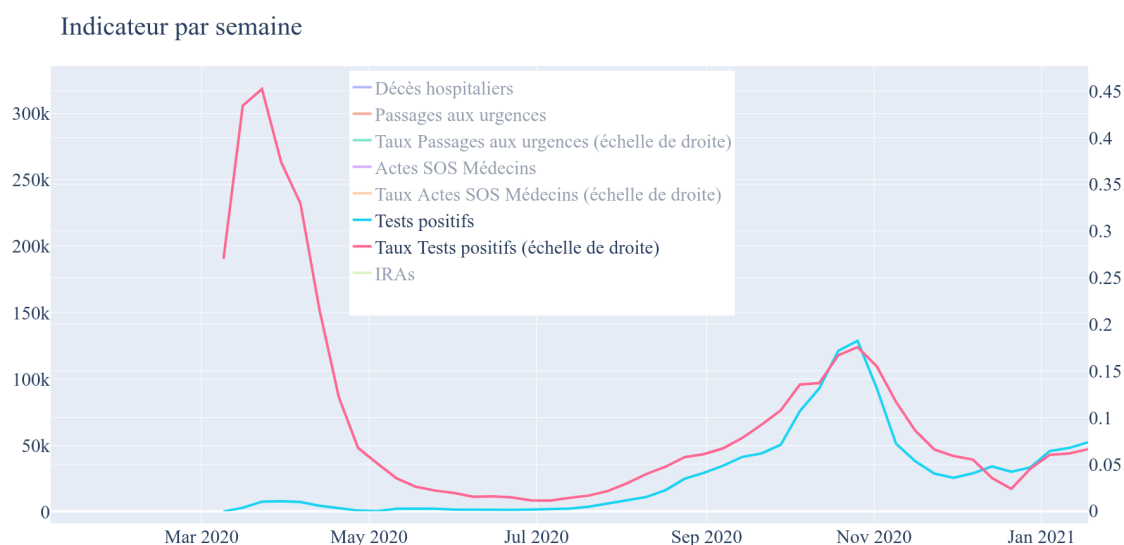
Décès en EHPAD	Santé Publique France https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-relatives-a-lepidemie-de-covid-19-en-france-vue-densemble/	https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/r/d3a98a30-893f-47f7-96c5-2f4bcaaa0d71	Format CSV Par jour, le cumul du nombre de décès en France liés à la COVID. Pas d'information sur la région ou la tranche d'âge.
----------------	--	---	---

Afin d'éviter tout biais lié à l'hétérogénéité des régions françaises, j'illustrerai mes propos et mes calculs sur le **périmètre Ile de France**.

Afin d'estimer les décès EHPAD concernant l'Ile de France, je me base sur [cet article](#) et [cette](#) étude pour prendre les hypothèses suivantes :

- 50% des décès avant le 1er Août 2020, 25% au-delà, sachant que les places EHPAD en Ile de France représentent [10% des places nationales](#)
- 5% des décès sont dans la tranche d'âge 60-69, 10% dans 70-79, 44% dans 80-89 et 40% dans la tranche au-delà de 90

Où en est-on à fin janvier 2021 ?

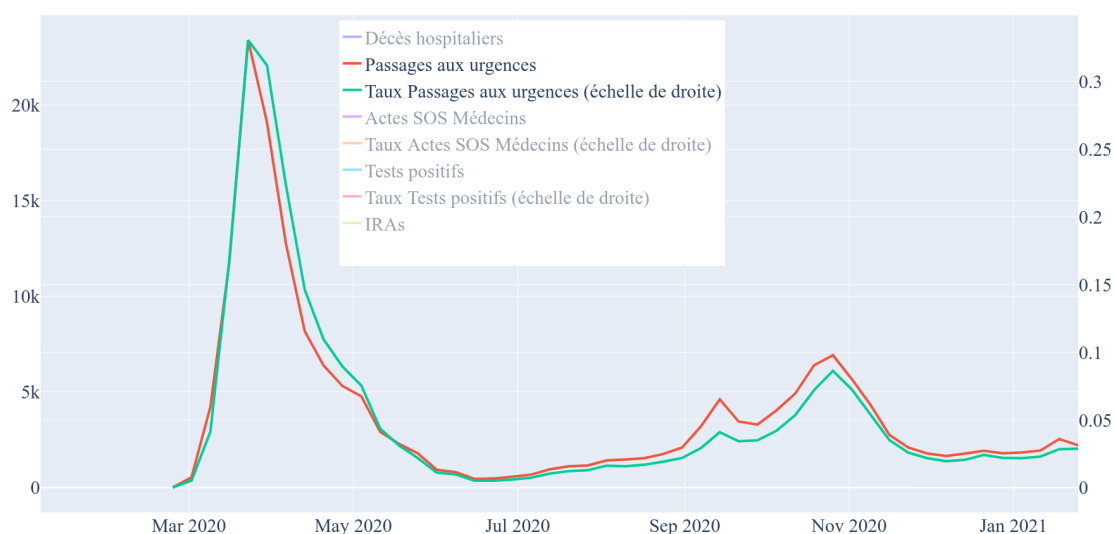


Le nombre de tests positifs est en faible croissance depuis début janvier 2021

Le taux de tests positifs suit à peu près la même dynamique, mais seulement à partir de juillet 2020. En effet, avant cette date, les tests en ville n'étaient pas généralisés, et relativement peu de tests étaient pratiqués.

Deux pics sont visibles, le premier la semaine du 23 mars 2020, le deuxième la semaine du 26 octobre 2020.

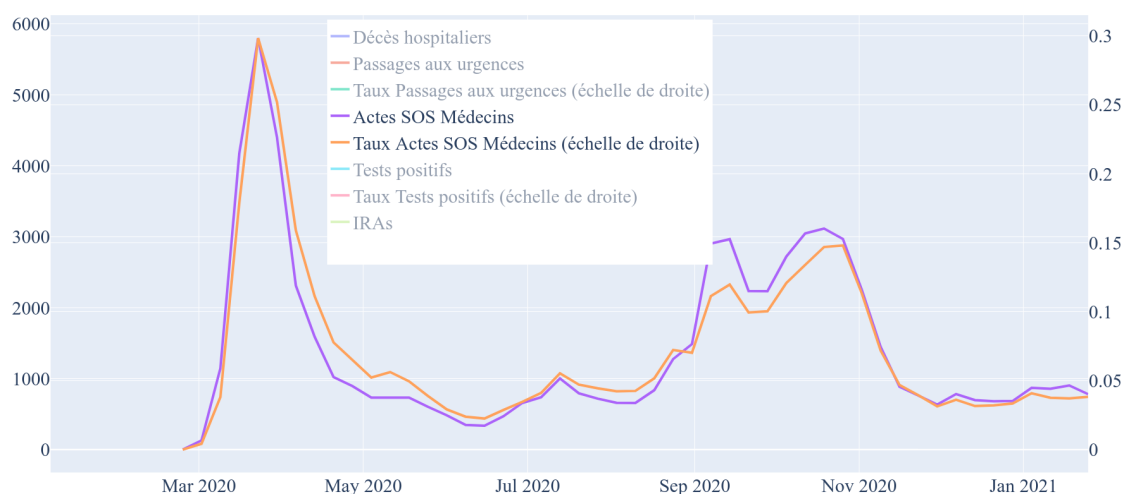
Indicateur par semaine



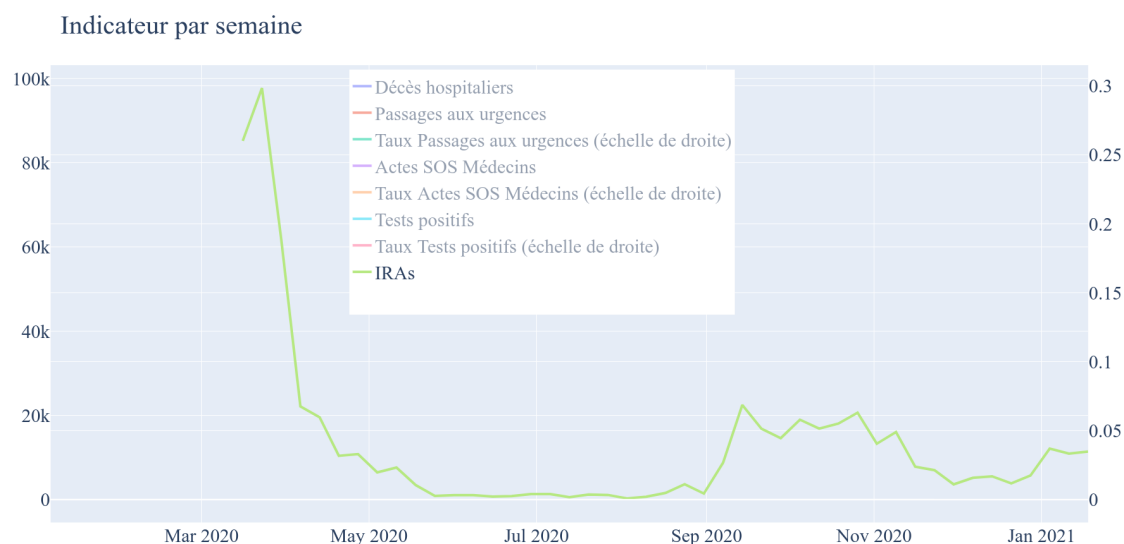
Le nombre de passages en urgences est quasiment stable depuis début décembre 2020. Le taux de passages aux urgences (passages COVID rapportés aux passages toute cause) suit parfaitement la dynamique de la métrique.

Les mêmes deux pics sont visibles : la semaine du 23 mars 2020, le deuxième la semaine du 26 octobre 2020, en plus d'un pic moins marqué la semaine du 14 septembre 2020

Indicateur par semaine



Mêmes constatations sur la métrique des actes SOS médecins : une stabilité depuis début décembre 2020 et un pic la semaine du 23 mars 2020 en plus de deux autres pics. Le pic d'octobre 2020 est avancé d'une semaine et le troisième pic est plus marqué.



Les infections respiratoires aiguës ont une dynamique légèrement différente. Je retrouve le pic de la semaine du 23 mars 2020, mais il y a plutôt un plateau entre le 14 septembre et le 26 octobre, et une hausse notable depuis début janvier 2021

Je constate donc que les 4 métriques annonciatrices donnent des signaux concordants en mars 2020 mais moins concordants en automne, voire contradictoires les dernières semaines.

Calcul du nombre d'infections théorique

Je vais essayer comme annoncé plus haut de calculer une métrique théorique, non observable en temps réel car dépendante des décès du futur.

Je pars d'une simplification qui consiste à dire qu'un décès COVID survient après un délai fixe de l'infection par le virus, et survient à hauteur du taux de létalité de la maladie :

$$Infection_{(date\ décès - \text{délai décès})} = \frac{Décès_{(date\ décès)}}{Taux\ de\ létalité}$$

Hypothèse sur le délai entre l'infection et le décès

Or, bien entendu, le délai entre l'infection et la date de décès éventuel n'est ni prévisible, ni fixe.

[Un papier de recherche](#) d'un chercheur de l'université d'Edinburgh décrit une loi de probabilité de la distribution de ce délai : log-normale ayant une moyenne de 26.8 jours, un écart type de 12.4 jours et une médiane de 24.3 jours. Il est utilisé par trois chercheurs des universités de Leeds et d'Oxford dans cet [autre papier](#)

D'un autre côté le [Center of Disease Control](#) aux USA prend dans ses hypothèses les plus à jour à date un délai moyen de 6 jours entre l'infection et les premiers symptômes, et un délai entre l'apparition des symptômes et le décès décrit par ce tableau :

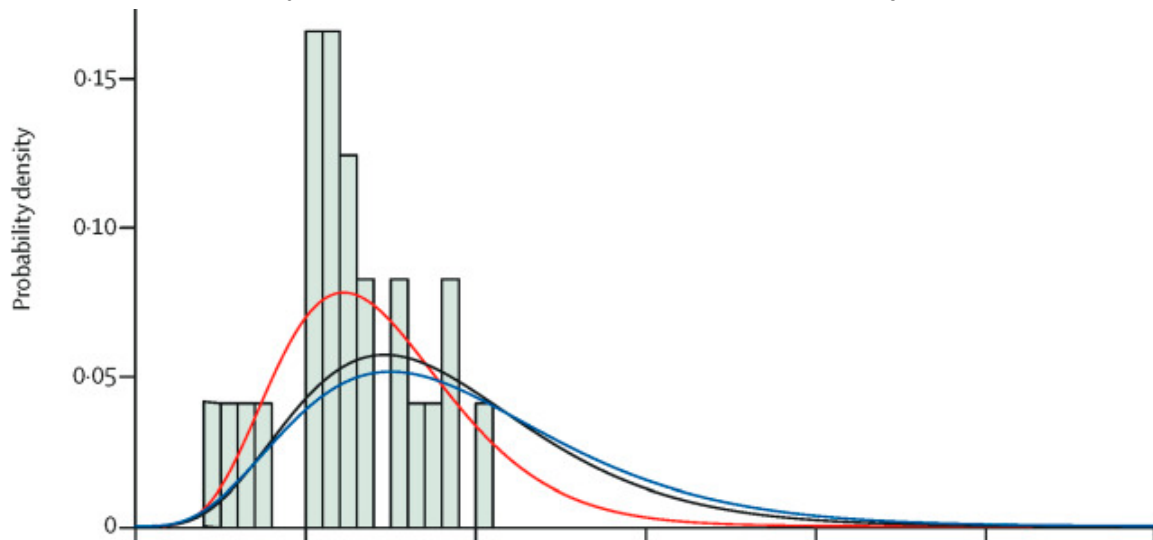
Median number of days from symptom onset to death (interquartile range)**

18-49 years: 15 (9, 25) days

50-64 years: 17 (10, 26) days

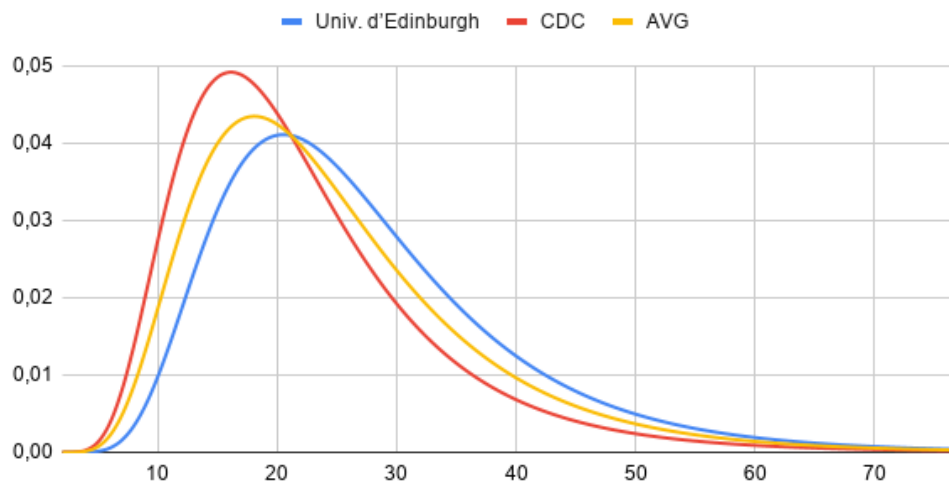
≥65 years: 13 (8, 21) days

Enfin, un article paru dans [The Lancet](#) prend l'hypothèse) d'une loi de probabilité du délai entre l'apparition des symptômes et le décès avec une médiane à 18 jours :



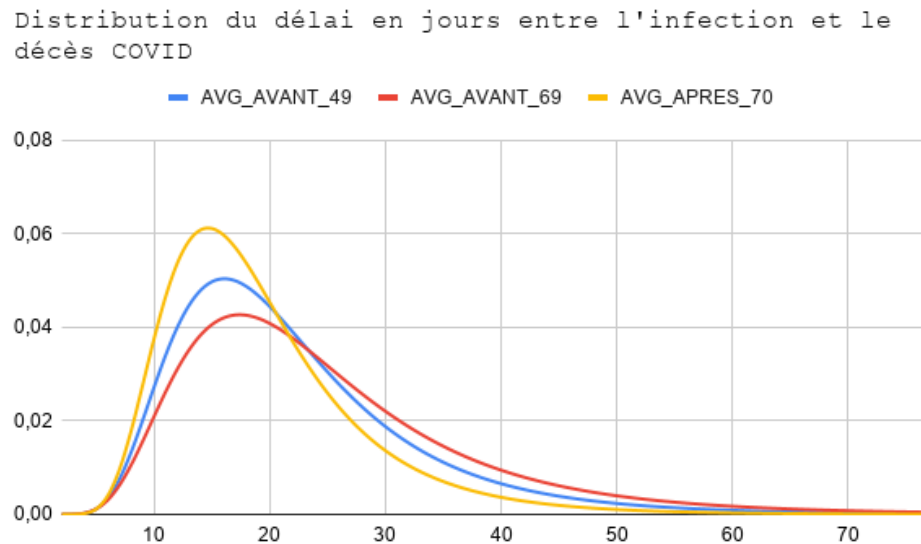
Je moyenne les estimations du CDC et de l'université d'Edinburgh (l'article de The Lancet utilise un échantillon de 48 cas seulement) et j'obtiens cette loi de distribution :

Distribution du délai en jours entre l'infection et le décès COVID



Je retiens que le décès survient dans 98.8% des cas en 9 semaines ou moins de l'infection, et 99.6% en 11 semaines ou moins.

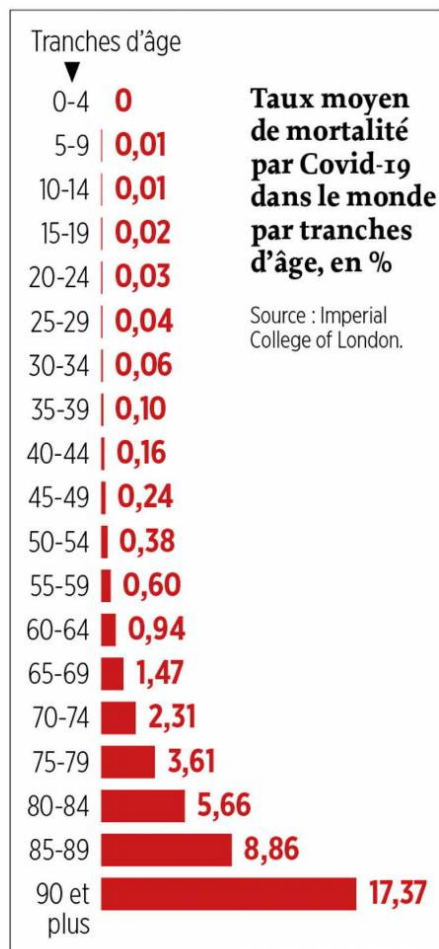
Je calcule également les 3 lois de distributions selon la tranche d'âge :



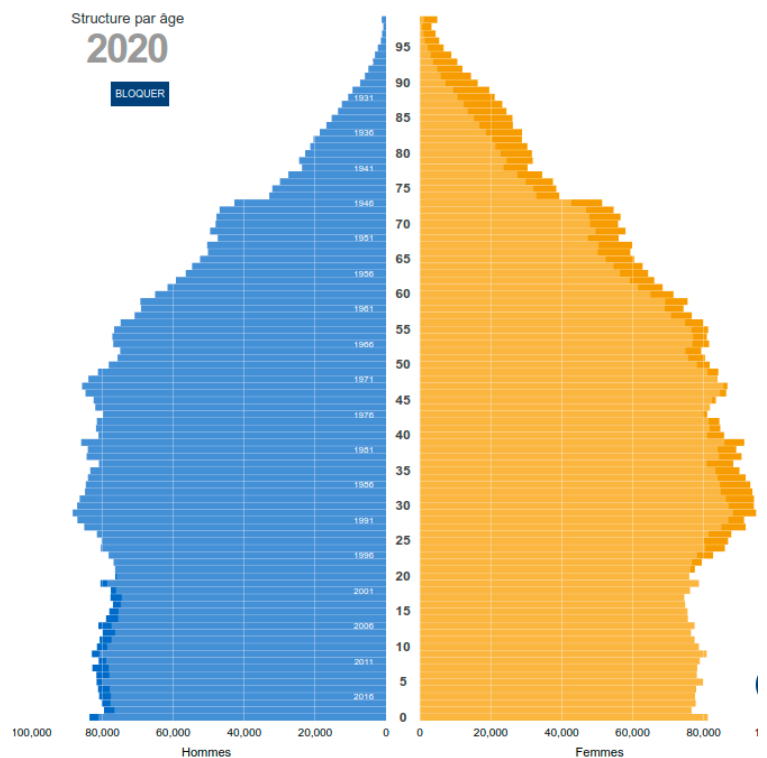
Hypothèses sur le taux de létalité

Quant au taux de létalité (IFR en anglais pour Infection Fatality Ratio), il est largement dépendant de l'âge de la personne décédée.

Un résumé dans [Le Point](#) d'une [étude de l'Imperial College London](#) donne les taux de létalité suivants selon les tranches d'âge (et non taux de mortalité comme indiqué à tort dans le graphe). L'étude a porté sur des cas suivis dans différents pays entre mai et juin 2020.



POPULATION EN DÉBUT D'ANNÉE



L'article paru dans The Lancet cité ci-dessus donne des taux de létalité légèrement différents, il s'appuie sur des données de cas suivis en janvier et février 2020 :

	Deaths	Laboratory-confirmed cases*	Case fatality ratio			Infection fatality ratio†
			Crude	Adjusted for censoring	Adjusted for censoring, demography, and under-ascertainment‡	
Overall	1023	44 672	2.29% (2.15-2.43)	3.67% (3.56-3.80)	1.38% (1.23-1.53)	0.657% (0.389-1.33)
Age group, years						
0-9	0	416	0.000% (0.000-0.883)	0.0954% (0.0110-1.34)	0.00260% (0.000312-0.0382)	0.00161% (0.000185-0.0249)
10-19	1	549	0.182% (0.00461-1.01)	0.352% (0.0663-1.74)	0.0148% (0.00288-0.0759)	0.00695% (0.00149-0.0502)
20-29	7	3619	0.193% (0.0778-0.398)	0.296% (0.158-0.662)	0.0600% (0.0317-0.132)	0.0309% (0.0138-0.0923)
30-39	18	7600	0.237% (0.140-0.374)	0.348% (0.241-0.577)	0.146% (0.103-0.255)	0.0844% (0.0408-0.185)
40-49	38	8571	0.443% (0.314-0.608)	0.711% (0.521-0.966)	0.295% (0.221-0.422)	0.161% (0.0764-0.323)
50-59	130	10 008	1.30% (1.09-1.54)	2.06% (1.74-2.43)	1.25% (1.03-1.55)	0.595% (0.344-1.28)
60-69	309	8583	3.60% (3.22-4.02)	5.79% (5.20-6.34)	3.99% (3.41-4.55)	1.93% (1.11-3.89)
70-79	312	3918	7.96% (7.13-8.86)	12.7% (11.5-13.9)	8.61% (7.48-9.99)	4.28% (2.45-8.44)
≥80	208	1408	14.8% (13.0-16.7)	23.3% (20.3-26.7)	13.4% (11.2-15.9)	7.80% (3.80-13.3)
Age category (binary), years						
<60	194	30 763	0.631% (0.545-0.726)	1.01% (0.900-1.17)	0.318% (0.274-0.378)	0.145% (0.0883-0.317)
≥60	829	13 909	5.96% (5.57-6.37)	9.49% (9.11-9.95)	6.38% (5.70-7.17)	3.28% (1.82-6.18)

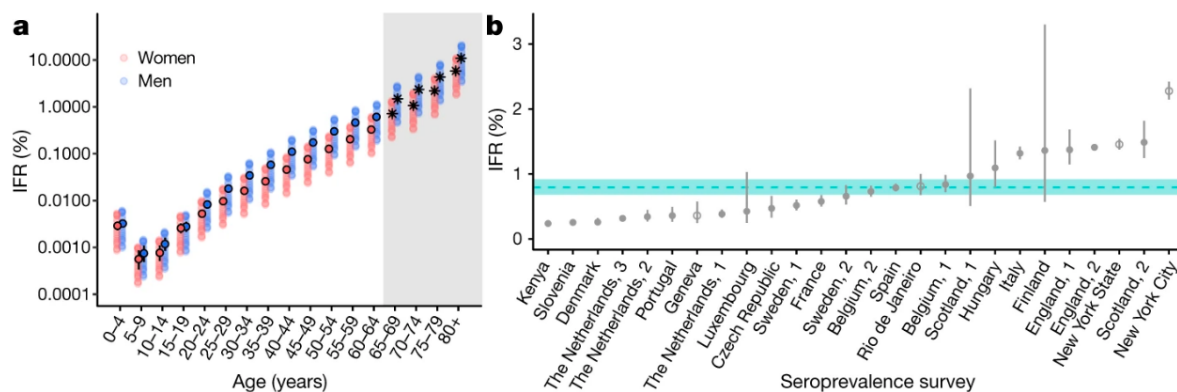
Crude case fatality ratios are presented as mean (95% confidence interval). All other fatality ratios are presented as posterior mode (95% credible interval). Estimates are shown to three significant figures. Cases and deaths are aggregate numbers reported from Jan 1 to Feb 11, 2020.* Crude case fatality ratios are calculated as the number of deaths divided by the number of laboratory-confirmed cases. Our estimates also include clinically diagnosed cases (a scaling of 1.31 applied across all age-groups, as the breakdown by age was not reported for clinically diagnosed cases), which gives larger denominators and thus lower case fatality ratios than if only laboratory-confirmed cases were included. †Values do not include the clinically diagnosed cases included in our estimates. ‡Obtained by combining estimates of case fatality ratios with information on infection prevalence obtained from those returning home on repatriation flights. §Accounts for the underlying demography in Wuhan and elsewhere in China and corrects for under-ascertainment.

Table 1: Estimates of case fatality ratio and infection fatality ratio obtained from aggregate time series of cases in mainland China

Enfin, [cet article paru dans Nature](#), rassemblant les données de cas de plusieurs pays jusqu'au 1er septembre 2020, donne les taux de létalité suivants (avec un distinguo Hommes/Femmes) :

Fig. 2: IFR estimates.

From: Age-specific mortality and immunity patterns of SARS-CoV-2



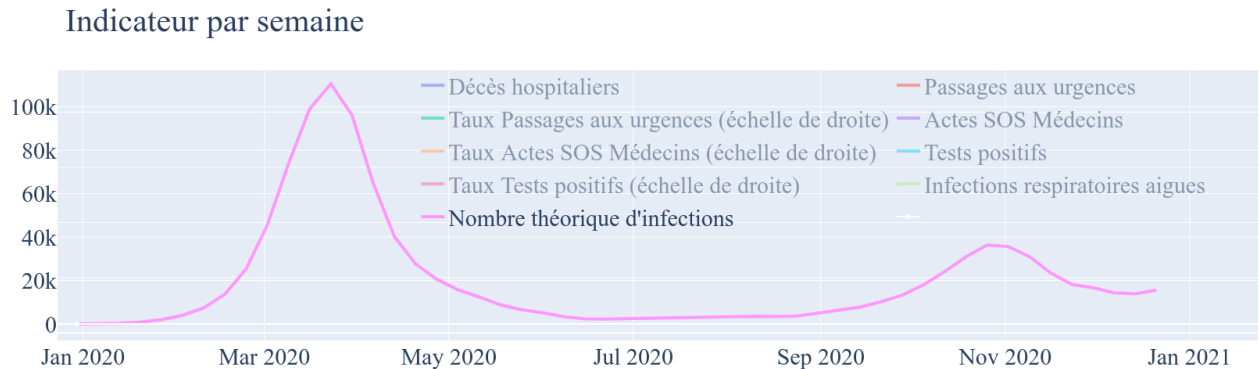
En utilisant la distribution de la population selon la [pyramide d'âge de l'île de France en 2020](#) (aperçu ci-dessus), ainsi que la répartition hommes / femmes des décès liés à la COVID (60% / 40%), j'harmonise et moyenne les trois sources ci-dessus pour prendre comme hypothèse les taux de létalité suivants :

0 à 9 ans	0.0033 %
10 à 19 ans	0.0078 %
20 à 29 ans	0.0252 %
30 à 39 ans	0.0641 %
40 à 49 ans	0.148 %
50 à 59 ans	0.436 %
60 à 69 ans	1.24 %
70 à 79 ans	3.1 %
80 à 89 ans	6.33 %
90 ans et plus	15.82 %

Une meilleure définition du nombre d'infections théorique pour une semaine S donnée est donc :

$$Infections_S = \sum_{tranches\ d'âge} \frac{\sum_{semaine\ 1\ à\ 11} Proba_{semaine} \times Décès_{S + semaine}}{Taux\ létalité_{tranche\ d'âge}}$$

L'implémentation me donne la courbe suivante, contenant un pic la semaine 23 Mars, ainsi qu'un autre pic la semaine du 26 octobre 2020.



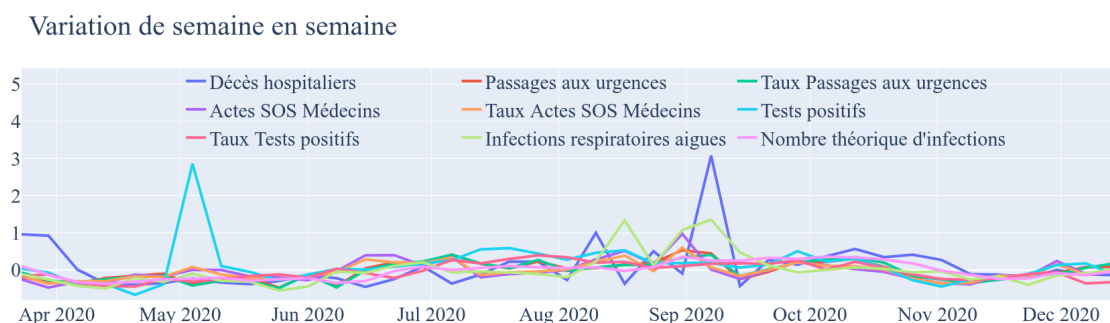
Comparaison des métriques

Afin de comparer les métriques annonciatrices au nombre théoriques d'infections, je commence par constater que leurs pics sont décalés d'une semaine par rapport à ceux du nombre d'infections théoriques.

A part le décalage, les différents ordres de grandeur rendent difficile la comparaison des métriques.

Je procède donc à la transformation de chaque métrique d'une série d'indicateurs bruts en série de variations "de semaine en semaine".

Voici l'aperçu des séries de variations (de la semaine du 23 mars 2020 à celle du 14 décembre 2020) :



Je compare alors chaque série de variations avec la série de variation issue du nombre d'infections théoriques, en prenant soin de séparer les semaines avant le 1er août 2020 des suivantes, afin de tenir compte de la non significativité de la métrique “tests positifs” avant cette date.

J'effectue la comparaison avec la métrique [RMSE](#), après avoir fait le décalage d'une semaine. Je cherche ainsi à savoir si la variation d'une métrique la semaine N est un bon estimateur de la variation du nombre d'infections théoriques de la semaine N-1.

Ceci donne :

Avant le 1er août 2020

Métrique	Erreur RMSE
Infections respiratoires aiguës	0.16594
Taux Tests positifs	0.168309
Taux Passages aux urgences	0.174423
Passages aux urgences	0.192233
Taux Actes SOS Médecins	0.228945
Actes SOS Médecins	0.279118

Après le 1er août 2020

Métrique	Erreur RMSE
Taux Passages aux urgences	0.179995
Taux Tests positifs	0.194853
Passages aux urgences	0.207014
Taux Actes SOS Médecins	0.243136
Tests positifs	0.255649
Actes SOS Médecins	0.306182
Infections respiratoires aiguës	0.462381

Et sur toute la période

Métrique	Erreur
----------	--------

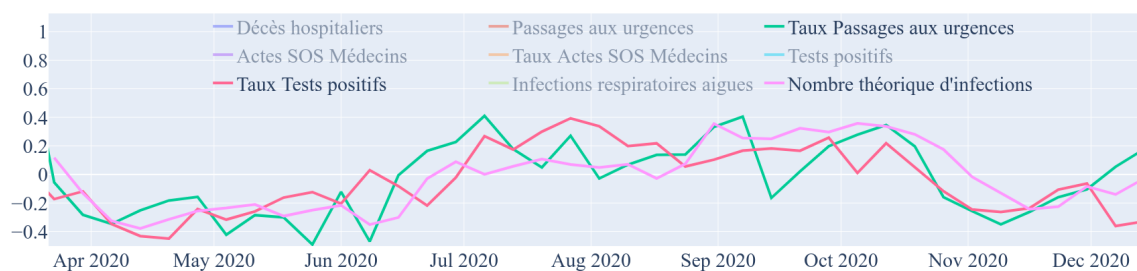
	RMSE
Taux Passages aux urgences	0.178028
Taux Tests positifs	0.187682
Passages aux urgences	0.199218
Taux Actes SOS Médecins	0.234131
Actes SOS Médecins	0.290763
Infections respiratoires aiguës	0.350967

J'en conclue que les deux meilleures métriques annonciatrices pour suivre la situation sont :

- Le taux de passages aux urgences
- Le taux de tests positifs, **et non pas le nombre de tests positifs**

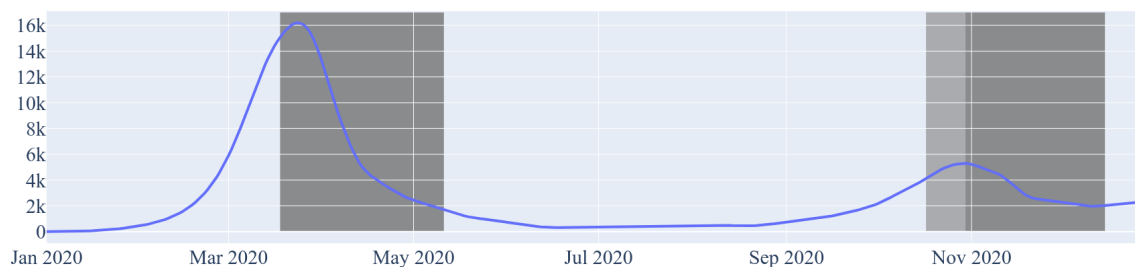
Pour s'en convaincre visuellement :

Variation de semaine en semaine



Remarques sur la métrique “Nombre théorique d’infections”

Nombre théorique d'infections par jour (gris foncé : confinement, gris clair : couvre-feu à 21h)



La première constatation que je fais est qu'en mars 2020, le nombre théorique d'infections ralentit sa croissance (point d'inflexion) le 9 mars, soit avant le confinement du 17 mars à midi, et atteint son pic le 24 mars.

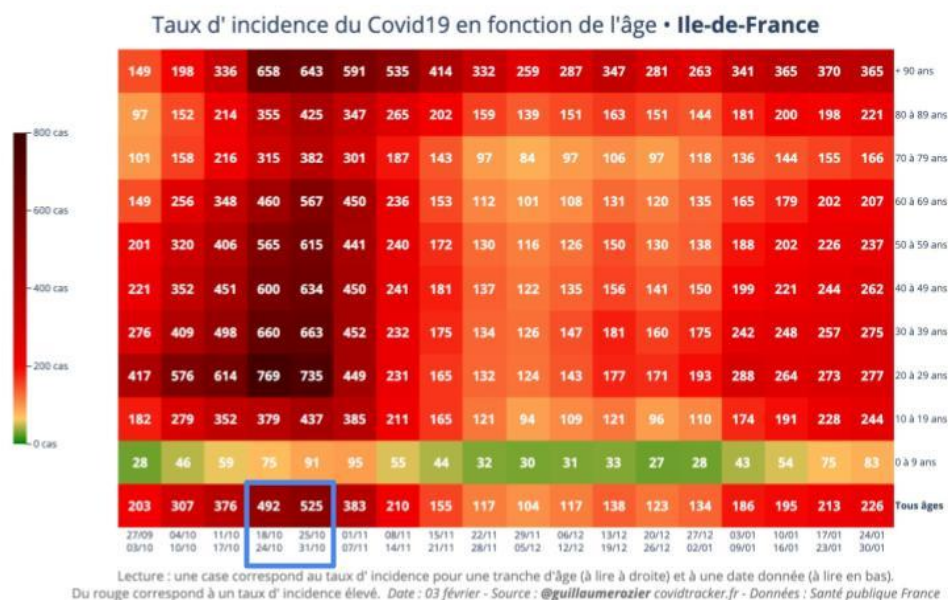
En automne, l'inflexion se produit le 17 octobre et le pic se produit le 29 octobre. A cette période en Ile de France, le gouvernement a instauré un couvre feu le 17 octobre à 21h et un deuxième confinement le 30 octobre.

Le total de cette estimation du nombre théorique d'infection atteint environ 1 million à la fin de la semaine du 14 décembre. Le nombre de décès COVID 6 semaines plus tard (environ 19.000) rapporté à ce total me donne un taux de létalité en Ile de France d'environ 1.9%.

Ce nombre théorique d'infection, rapporté à la population de l'Ile de France (12.200.000), me permet d'avoir un taux d'incidence par 100.000 habitants qui a connu 2 pics :

- 906 en mars 2020 (~110.600 infections la semaine du 23 mars 2020)
- 297 en octobre 2020 (~36.300 infections la semaine du 26 octobre 2020)

A ce stade je ne peux pas m'empêcher de constater que ce taux d'incidence que j'obtiens avec le nombre théorique d'infections est inférieur en octobre au taux d'incidence calculé à partir du nombre de tests positifs : 296 versus 525 soit 1.77 fois plus faible



Ma conclusion à ce stade est que le taux d'incidence des tests positifs surestime de 77% le taux d'incidence de la véritable maladie COVID...

Cette conclusion est assez perturbante puisque le nombre de tests positifs ("nombre de cas") est l'indicateur le plus médiatisé.

Pour avoir un troisième point de contrôle, je reviens au nombre d'infections respiratoires aiguës estimés par le réseau sentinelles.

Pour l'Ile de France, elles sont de 20.630 la semaine du 26 octobre 2020 (estimation basse 14226, estimation hausse 27034)

Cependant, il faut avoir à l'esprit que ces IRAs ne sont pas nécessairement diagnostiquées chez des personnes malades COVID.

Le bulletin de Santé Publique France de fin 2020 donne la proportion de 19% sur la base de tests pour un échantillon de malades :

- **En semaine 52** (du 21 au 27 décembre 2020), le **taux d'incidence de consultations pour une IRA a été estimé à 67/100 000 habitants** (intervalle de confiance à 95% : [52-82]) en France métropolitaine, stable par rapport à celui de la semaine 51 : 56/100 000 habitants (IC95% : [48-64]) (Figure 1).
- **En semaine 52**, sur les 13 prélèvements effectués chez des patients présentant une IRA, 2 se sont avérés positifs pour le SARS-CoV-2, aucun n'était positif pour un rhinovirus ou pour un virus grippal.
- Depuis la semaine 37, sur les 520 prélèvements effectués chez les patients qui ont été testés pour les différents virus respiratoires surveillés sur prélèvement nasopharyngé, 211 (42%) étaient positifs pour un rhinovirus, 98 (19%) pour le SARS-CoV-2, 4 pour un métapneumovirus et 1 pour un virus respiratoire syncytial (VRS). Un prélèvement s'est avéré positif pour un virus grippal de type B/Victoria en semaine 49.

Aussi, il est admis que [80 à 85% des malades](#) du COVID font des formes bénignes, donc les malades du COVID ayant une IRA représentent dans un scénario haut 15% des malades COVID.

J'applique donc une multiplication par 19% puis une division par 15% au nombre d'IRAs pour estimer les malades COVID en Ile France la semaine la plus haute d'octobre 2020.

Ceci me donne un **taux d'incidence de 214 par 100.000 habitants** (estimation basse 148, estimation haute 280), plus proche du taux d'incidence à la même période déduit du nombre théorique d'infections que de celui calculé à partir du nombre de tests positifs.

Je suis donc conforté dans ma conclusion : le taux d'incidence des tests positifs exagère largement la prévalence de la maladie COVID.

Pourquoi le nombre de tests positifs surestime-t-il la prévalence de la COVID ?

Je n'ai pas de qualification pour parler des tests d'un point de vue médical.

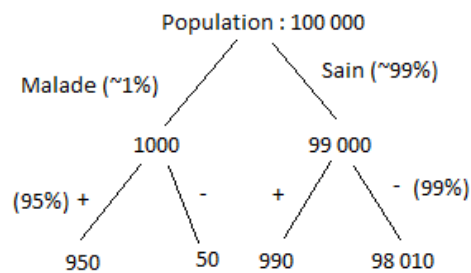
Je peux cependant noter que, pour une métrique de suivi d'un phénomène, les tests de dépistage COVID accumulent beaucoup de mauvais points depuis le début de la situation :

- évolution de la disponibilité (d'abord uniquement en hôpital, jusqu'à la généralisation en ville)
- évolution des conditions de prescription (selon le fait d'être prioritaire, symptomatique, cas contact, avec ou sans ordonnance du médecin, etc...)
- la variété de technologies (d'abord uniquement RT-PCR puis des tests antigéniques, retrait de certaines marques peu fiables, etc...)
- l'évolution de l'appétence selon le remboursement ou la médiatisation

Ces éléments me laissent penser que cet "outil de mesure" a été trop instable dans le temps pour pouvoir suivre une situation donnée (de surcroît nouvelle). Ceci étant dit, la comparaison faite des métriques montre que le taux de tests positifs corrige en partie ces biais.

Par ailleurs, comme l'explique [cet article pédagogique sur le théorème de Bayes](#), même à des niveaux de [sensibilité et spécificité](#) élevés (95% et 99% respectivement), un test produit

autant de faux positifs que de vrais positifs lorsque le taux de prévalence du phénomène que l'on cherche à mesurer est faible. L'hypothèse de prévalence est de 1% dans l'article, sachant qu'en Ile de France je trouve une prévalence de 0.2% en octobre et 0.6% en mars.



Je ne peux pas transposer cet élément tel quel dans mon analyse puisque les tests réalisés en France ne sont pas aléatoires. En examinant les bulletins de Santé Publique France d'octobre 2020, je trouve que ~30% des personnes testées déclarent des symptômes et ~35% (pas forcément les mêmes) sont des cas contacts de personnes testées positives. Ceci étant dit, je retiens de ce raisonnement le risque de faux positifs dans les tests en population générale.

Je termine sur les tests de dépistage en soulignant une particularité du test RT-PCR que l'on comprend à la lecture des [articles de vulgarisation](#) : le résultat du tests dépend de la valeur CT (Cycle Threshold, ou le nombre maximum de cycle d'amplification du matériel génétique avant de détecter la présence de la séquence recherchée).

Autrement dit, deux tests RT-PCR ne sont pas nécessairement équivalents, puisqu'ils peuvent avoir été positifs avec un nombre de cycles différents.

Pour moi, cette non constance du test RT-PCR en tant qu'outil de mesure s'ajoute à sa liste de mauvais points.

Une notice d'information du 13 janvier 2021 publiée par l'Organisation Mondiale de la Santé a alerté sur les faux positifs et la sensibilité au nombre de cycles d'amplification pour les tests RT-PCR :

WHO guidance [Diagnostic testing for SARS-CoV-2](#) states that careful interpretation of weak positive results is needed (1). The cycle threshold (Ct) needed to detect virus is inversely proportional to the patient's viral load. Where test results do not correspond with the clinical presentation, a new specimen should be taken and retested using the same or different NAT technology.

WHO reminds IVD users that disease prevalence alters the predictive value of test results; as disease prevalence decreases, the risk of false positive increases (2). This means that the probability that a person who has a positive result (SARS-CoV-2 detected) is truly infected with SARS-CoV-2 decreases as prevalence decreases, irrespective of the claimed specificity.

La notice a été retirée du site internet de l'OMS, mais reste consultable à travers [archive.org](https://web.archive.org/web/20210121170101/https://www.who.int/news/item/14-12-2020-who-information-notice-for-ivd-users) <https://web.archive.org/web/20210121170101/https://www.who.int/news/item/14-12-2020-who-information-notice-for-ivd-users>

Synthèse

A partir des décès hospitaliers dûs à la COVID en Ile de France, et en utilisant des hypothèses de l'Imperial College et des des universités de Leeds et d'Oxford, je calcule un nombre théorique d'infections par semaine de Février à Décembre 2020.

Ce nombre me permet d'estimer le taux d'incidence maximum de la COVID en Ile de France à ~297 pour 100.000 habitants en octobre 2020, plus proche d'un taux d'incidence estimé à partir de l'indicateur "Infections respiratoires aiguës" du réseau sentinelles, que du taux d'incidence des tests positifs qui surestime d'un facteur 1.77.

La progression de ce nombre théorique d'infections peut être le mieux prédite par la progression du taux d'admission en urgence pour suspicion de COVID, mais aussi par la progression du taux de tests positifs - en non pas le nombre absolu de tests positifs.

Enfin, je constate dans la progression de ce nombre théorique d'infection que les ralentissement de la croissance surviennent avant les confinements.