

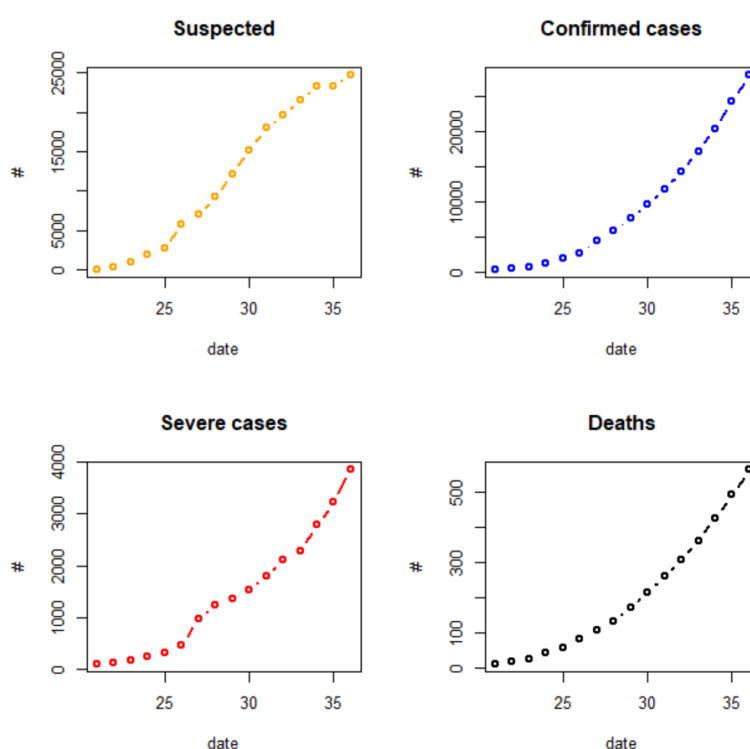
Dynamique de l'épidémie de nCov en Chine

Bilan au 6 février 2020

Date zéro prise arbitrairement au 1er janvier 2020 dans les graphiques car la date de démarrage de l'épidémie est incertaine. L'épidémie a pu débuter début décembre 2019 sur le marché aux fruits de mer de Wuhan, mais les premiers décès identifiés n'avaient pas tous été en contact avec ce marché laissant supposer un début d'épidémie antérieur, potentiellement en novembre 2019 et potentiellement bien avant.

Les données utilisées pour cette analyse partent du 21 janvier 2019, car s'appuyant sur le jeu de données publié par les autorités nationales chinoises

Cumulated cases



Dates [in day] since 1st January 2020

Figure 1 : Nombre de cas cumulés de coronavirus 2019-nCoV suspectés (orange) confirmés (bleu), sévère (rouge) et de décès (noir), en Chine – toutes provinces réunies – depuis le début de l'épidémie (données officielles issues du site comité national).

Ratios

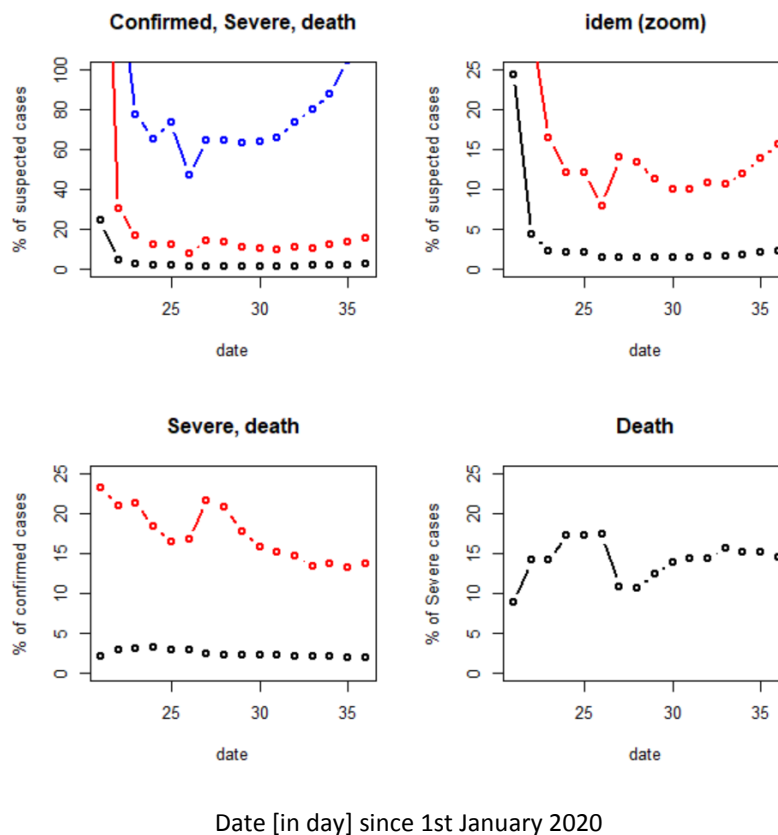


Figure 2 : Ratios pour coronavirus 2019-nCoV (données officielles issues du site comité national).

Cohérence des données :

Lors d'une première analyse du jeu de données, une incohérence est apparue dans l'évolution du nombre cumulé de cas sévères depuis le début de l'épidémie qui donnait 102 cas graves le 21 janvier, 92 le 22 janvier, puis 177 le 23 janvier. Sauf reclassement, le nombre cumulé ne peut en principe qu'augmenter. Cette incohérence résulte vraisemblablement d'une distinction entre cas sévères et cas critiques, seuls les cas ayant été pris en compte dans les 92 cas du 22 janvier, les deux catégories étant incluses aux deux autres dates (conférer Situation-Report 3 de WHO). La prise en compte des deux catégories nous a conduits à considérer 120 cas graves au 22 janvier, conduisant à une évolution cohérente 102, 120 et 177 cas sévères du 21 au 23 janvier.

Les premières analyses montrent que les données de cas suspectés ne sont devenues cohérentes qu'à partir du 23 janvier, date à partir de laquelle le nombre de cas confirmés par rapport au nombre de cas suspecté s'est stabilisé aux alentours de 60-80%. Auparavant, ce ratio était complètement disproportionné (>1000%). De ce fait, les données de cas suspectés ne semblent pas utilisables et n'ont pas été utilisées pour modéliser le comportement dynamique avant le 23 janvier.

Les autres séries temporelles (cas confirmés, cas graves et décès) apparaissent cohérentes dès le 21 janvier.

Statistique basiques:

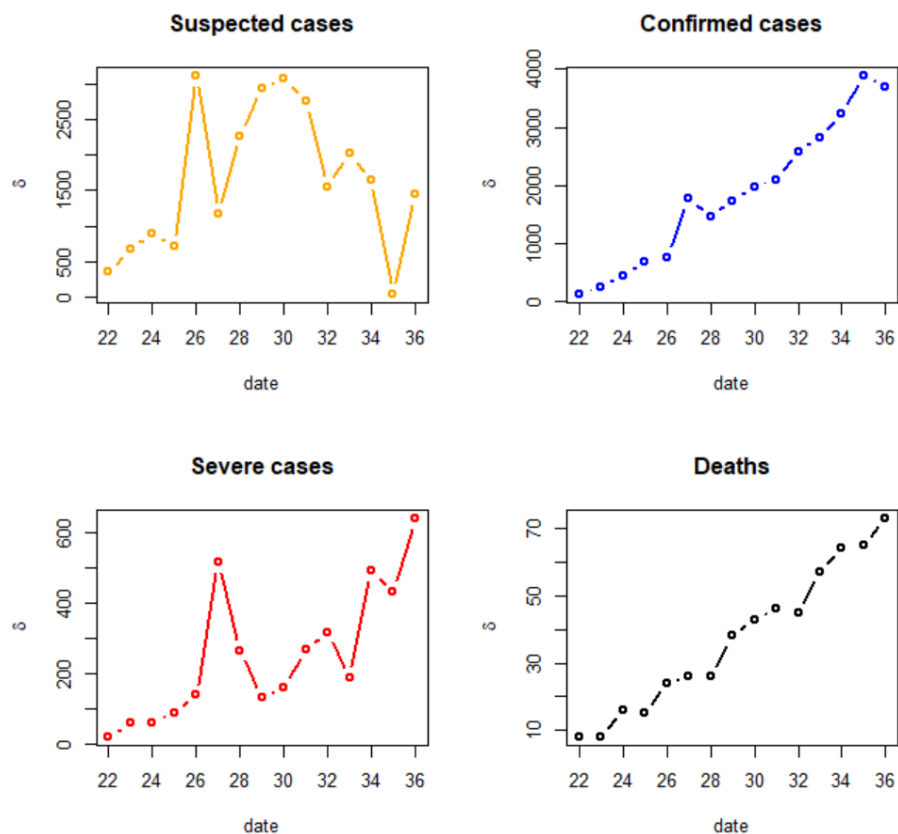
Leur analyse fait ressortir un taux de létalité provisoire d'environ 2.1%

L'analyse montre que 80% des cas suspectés s'avèrent effectivement infectés.

Parmi les cas infectés, 15% conduisent à une évolution sévère de la maladie, 2.1% en meurent

Environ 16% des développements sévères conduisent au décès.

Daily increases



Dates [in day] since 1st January 2020

Figure 3 : Nombre de cas journaliers de coronavirus 2019-nCoV suspectés (orange) confirmés (bleu), sévère (rouge) et de décès (noir), en Chine – toutes provinces réunies – depuis le début de l'épidémie (données officielles issues du site comité national).

Evolution temporelle

Depuis le début de l'épidémie, l'évolution est encore en cours d'expansion : non seulement le nombre cumulé de cas confirmés, sévères et de décès continuent de croître, mais surtout, la vitesse de croissance des nombre de cas confirmés et de décès est de plus en plus rapide :

- <1000 cas confirmés supplémentaires par jour au 26 janvier (<30 décès/jour)
- >2500 cas confirmés au 2 février (>50 décès/jour)
- >3500 cas confirmés / jour au 5 février (>70 décès/jour)

Outre une croissance générale, l'analyse visuelle de l'évolution temporelle des courbes fait ressortir très nettement certains événements spécifiques dans les nombres des cas suspectés et sévères avec

- (I) un pic de cas suspectés au 26 janvier qui semble s'être transféré au nombre de cas sévères aux 27-28 janvier et dans une moindre mesure et au nombre de cas confirmés au 27 janvier,
- et (II) un second pic du 28 au 31 janvier du nombre de cas suspectés ayant un effet plus modéré sur le nombre de cas sévères et retardé de deux jours, les 30 et 31 janvier.

Par la suite, ces événements apparaissent plus difficiles à détecter.

Differential portraits

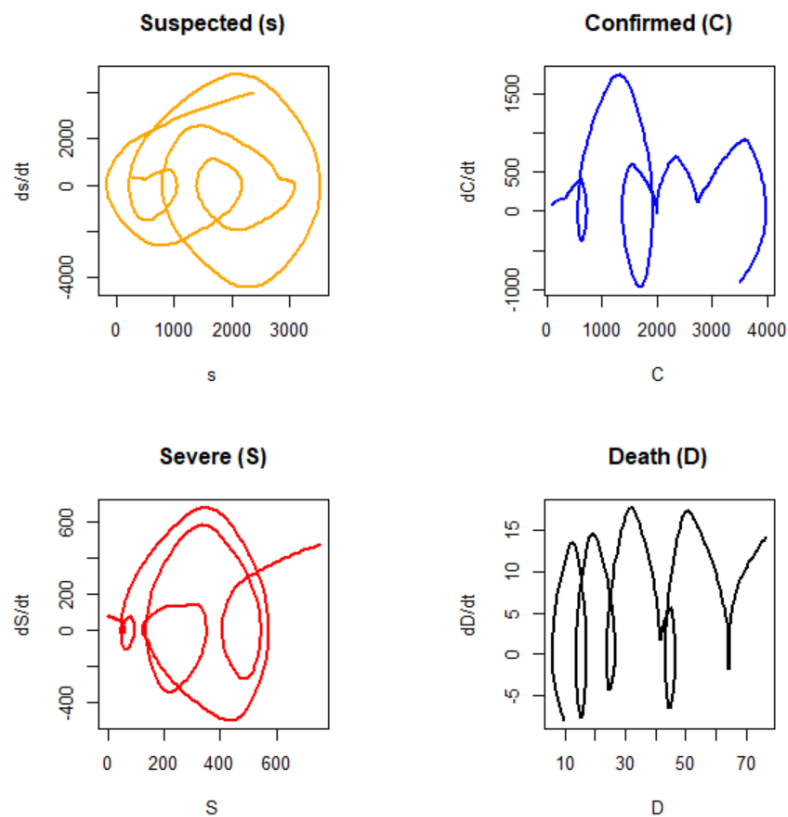


Figure 4 : Portraits de phases différentiels originaux ($X, dX/dt$) des observations

Portraits différentiels

Les portraits différentiels présentés ici correspondent à la dérivée première du nombre de cas journaliers en fonction du nombre de cas journalier (le nombre de cas cumulé n'est pas représenté).

Les quatre portraits de phase mettent en évidence un comportement dynamique caractérisé par de larges oscillations pour le nombre de cas suspectés (orange) et le nombre de cas sévères (rouge), par des oscillations irrégulières pour le nombre de cas confirmés (bleu) et par une succession d'oscillations assez régulières pour le nombre de décès (noir).

En l'état, les trajectoires ainsi reconstruites ne sont pas suffisamment longues pour faire ressortir un comportement stationnaire, et pour fournir une description des attracteurs sous-jacents. Ces comportements résultent vraisemblablement d'un régime transitoire éloigné de l'équilibre dynamique. Autrement dit, non seulement l'épidémie continue de progresser, mais elle n'a pas encore atteint sa vitesse de propagation maximale.

Un premier modèle a pu être obtenu par rétro-modélisation qui sera discuté ci-après.

Il apparaît également que l'amplitude des oscillations du nombre de décès sont en cours d'augmentation, ce qui confirme la progression en cours.

Enfin, les oscillations du nombre de cas confirmés, bien que modérées, ne montrent aucun signe d'infléchissement.

Rétro-modélisation

$$dC/dt = 2.343e-05 C^2 + 0.12675401 S D - 0.10530723 D^2 - 0.00183986 C S (+ \epsilon)$$

$$dS/dt = 0.16060376 D^2 + 0.44040714 S - 0.20517824 C (+ \epsilon)$$

$$dD/dt = 0.2844499 D + 2.38e-06 C^2 - 0.00011493 C D - 1.215e-05 C S (+ \epsilon)$$

interprétation

Travail en cours...

Rque 1 : les données dont on dispose sont des estimations qui ont été manipulées. On fait l'hypothèse qu'elles reflètent le comportement original \hat{C} , \hat{S} et \check{D} via un jeu de fonctions d'observation

$$C = f(\hat{C}), S = f(\hat{S}) \text{ et } D = f(\check{D}),$$

qui nous est inaccessible. Si ces fonctions sont suffisamment linéaires, on peut espérer une bonne détection du couplage entre ces variables

Rque 2 : les coefficients obtenus peuvent être la résultante de deux composantes, négative et positives. Un coefficient α peut être la résultante de $\alpha_+ - \alpha_- = \alpha$ (avec $\alpha_+ > 0$ et $\alpha_- > 0$) de sorte que le coefficient α sera positif si $\alpha_+ > \alpha_-$ et négatif si $\alpha_+ < \alpha_-$. En conséquence, pour un coefficient donné, on ne pourra détecter que le processus dominant sans que soit exclu l'existence de processus donnant lieu à une résultante opposée.

Phase portraits

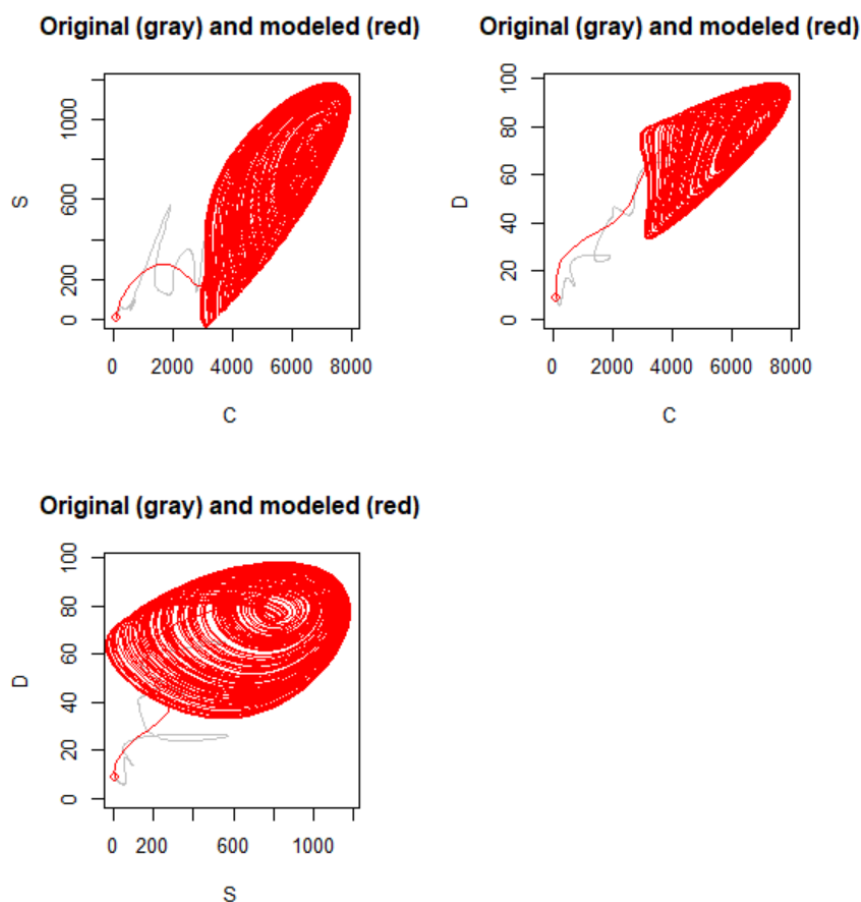


Figure 5 : Portraits de phases originaux (trajectoire en gris) et modélisés (en rouge), projections(C,S), (C,D), et (S,D).

Partant des conditions initiales fournies par les données au 22 janvier, le modèle suit approximativement la tendance observée dans le jeu de données pour venir converger sur un attracteur chaotique (oscillations déterminées par les équations mais imprévisibles à long terme). Le modèle est très robuste et a pu être intégré numériquement sur une durée très longue (plusieurs années) sans diverger. Ce résultat confirme la situation transitoire actuellement en cours. L'épidémie n'a pas atteint sa vitesse de propagation maximale.

Au cours du 5 février, les chiffres journaliers ont été de 3694 cas confirmés supplémentaires, 640 cas graves supplémentaires et 73 décès supplémentaires. Si les estimations du modèle sont confirmées, ces chiffres pourraient atteindre et dépasser, dans les prochains jours 7900-8000 cas supplémentaires par jour, 1100-1200 cas graves supplémentaires par jour et 90-100 décès par jour.

Des simulations d'ensemble ont été effectuées qui mettent en évidence une forte sensibilité aux conditions initiales et d'importantes oscillations à envisager une fois le régime stationnaire qui serait atteint dans les cinq à dix jours qui viennent (entre le 10 et le 15 février).

Une fois se régime atteint, si le comportement stationnaire se confirme (modèle suffisamment complet et robuste / incapacité à endiguer la maladie / bonne représentativité spatiale, etc.), l'épidémie pourrait continuer à se propager à vitesse moyenne constante, tout en présentant un comportement oscillatoire (notamment de très fortes oscillations du nombre de cas grave, des oscillations plus modérées des nombres de cas confirmés et de décès).

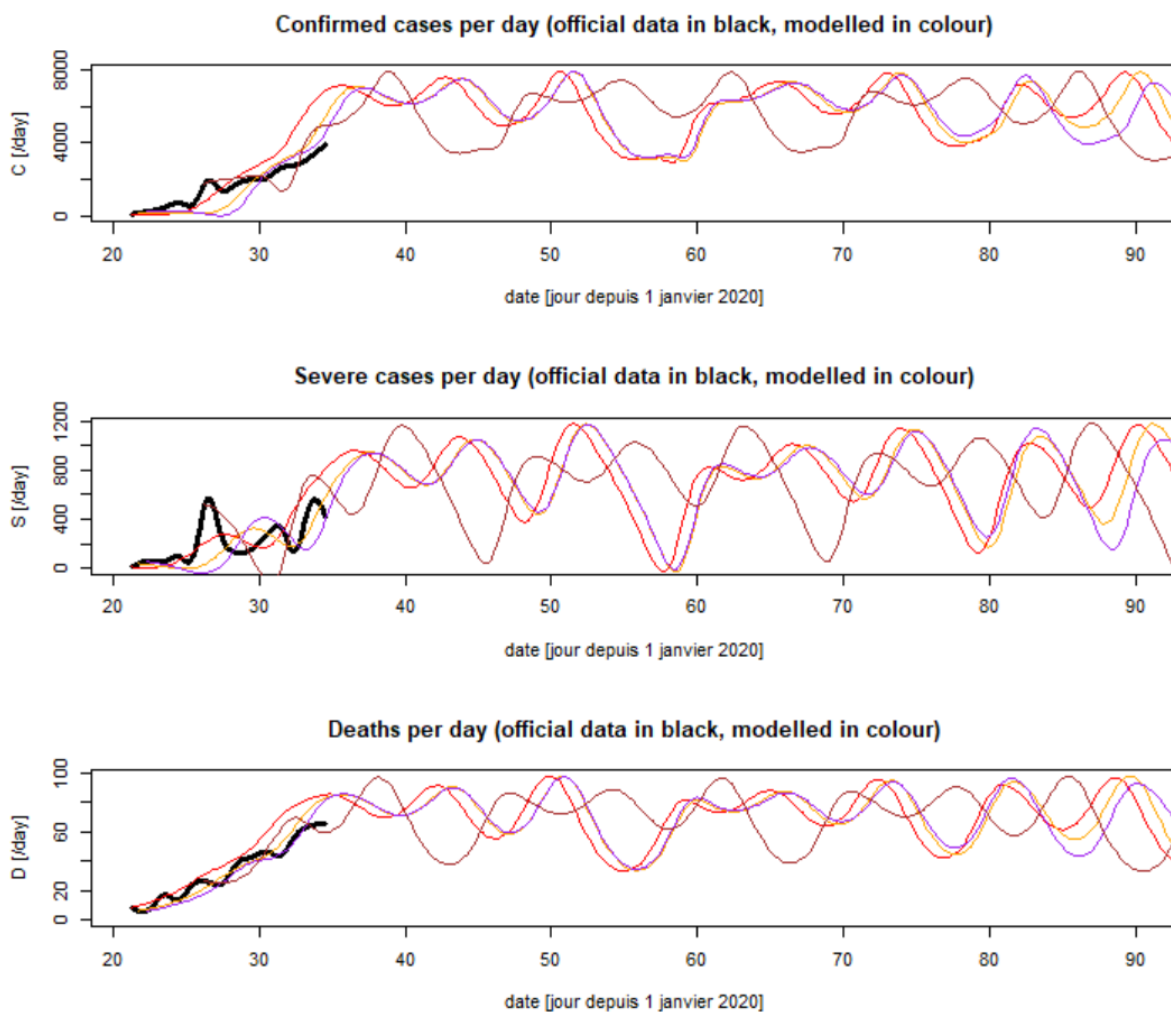


Figure 6 : Nombre de cas de nCov confirmés (en haut), sévères (au milieu) et de décès (en bas) journaliers, en Chine, à partir du 21 janvier 2020. Données (en noir), modèles issues de différentes conditions initiales (en couleur).

Suite

Même la province de Hubei constitue la part principale de ce jeu de données, les analyses présentées ci-dessous considèrent la Chine dans son ensemble (parce que les données focalisées sur la province de Hubei sont disponibles de manière très lacunaires).

Toutefois, au cours des derniers jours, l'OMS a mis à disposition dans ses derniers rapports des décomptes par province. Je suis donc en train d'analyser le comportement des provinces pour voir ce que l'on peut en tirer. Un point intéressant est que les provinces montrent, jusqu'à maintenant, une progression beaucoup plus lente que ce qu'on a pu observer pour Hubei. Reste à savoir si cette lenteur relative n'est que temporaire, et si cela va permettre d'atteindre un régime stationnaire plus modéré que pour la province de Hubei.