

Un simple modèle d'épidémie confirme l'importance des consignes de distanciation et d'hygiène

(Document pour alimenter la discussion)

Yves Tillé
Université de Neuchâtel*

19 mars 2020

Résumé

Un modèle ultrasimple d'épidémie montre l'importance de la diminution de nombre de contacts et de la contagiosité pour lutter contre une épidémie. En limitant la contagion, le nombre total de décès diminue très fortement. La diminution du nombre de patients à soigner peut aussi être extrêmement importante. Ces résultats ne sont pas neufs mais valent la peine d'être rappelés.

1 Introduction

Que peut-on faire en soirée quand notre gouvernement nous invite fermement à ne pas sortir de chez nous à cause de l'épidémie du COVID19? Afin d'examiner si les décisions de ce gouvernement sont fondées, j'ai me suis mis à écrire un petit programme pour simuler une épidémie. Ce travail n'a évidemment rien d'original et les résultats qui suivent sont connus de tous les épidémiologistes, mais il n'est peut-être pas inutile de regarder ces résultats.

Le modèle est une simplification brutale de la réalité et est beaucoup trop simple pour prédire ce qui risque de se passer, mais il peut permettre de tester différents *scenarii* de contamination. Supposons que nous observions une population de N individus durant une suite de jours $t = 1, \dots, T$. Pour chaque jour t un individu peut soit être "non-contaminé", "contaminé et contagieux", "guéri", ou "décédé".

Le modèle est simple. Au début 10 personnes sont contaminées. A chaque temps t , chaque individu a un contact en moyenne avec C autres individus sélectionnés aléatoirement dans la population. Plus précisément, le nombre de contacts est une variable de Poisson de paramètre C . Si une personne non contaminée entre en contact avec une personne contaminée, alors elle a une probabilité p d'être infectée. Dès qu'une personne est infectée elle reste contagieuse pendant une période de temps R . A la fin de cette période, soit cette personne meurt avec une probabilité q , soit elle est guérie.

2 Les simulations

Un programme en langage R (R Development Core Team, 2015) d'une vingtaine de lignes permet de simuler cette épidémie. Comme j'habite dans le canton de Neuchâtel, j'ai généré une population de $N = 170000$ individus. Voici les trois *scenarii* retenus.

Modèle 1 : $N = 170000, T = 300, C = 6, p = 0.06, R = 10, q = 0.01$,

Modèle 2 : $N = 170000, T = 300, C = 2, p = 0.06, R = 10, q = 0.01$,

Modèle 3 : $N = 170000, T = 300, C = 2, p = 0.05, R = 10, q = 0.01$.

*Institut de Statistique, Université de Neuchâtel, Bellevaux 51, 2000 Neuchâtel, Suisse, yves.tille@unine.ch

La différence entre le Modèle 1 et 2 tient au fait que le nombre moyen de contacts est passé de 6 à 2. Ce type de différence peut s'obtenir en restreignant les contacts sociaux, en évitant les déplacements et en restant à son domicile. La différence entre le Modèle 2 et 3 tient au fait que la contagiosité est passé de 6% à 5%. Cette diminution peut s'obtenir en se tenant à distance des autres personnes, en ne se serrant pas la main, en ne se faisant pas la bise et en se lavant les mains régulièrement.

Les résultats des simulations sont donnés dans la Figure 1 où l'on donne respectivement le nombre de personnes non contaminées, le nombre de personnes contaminées et contagieuses, le nombre de guéris et le nombre de décès pour chacun des trois modèles.

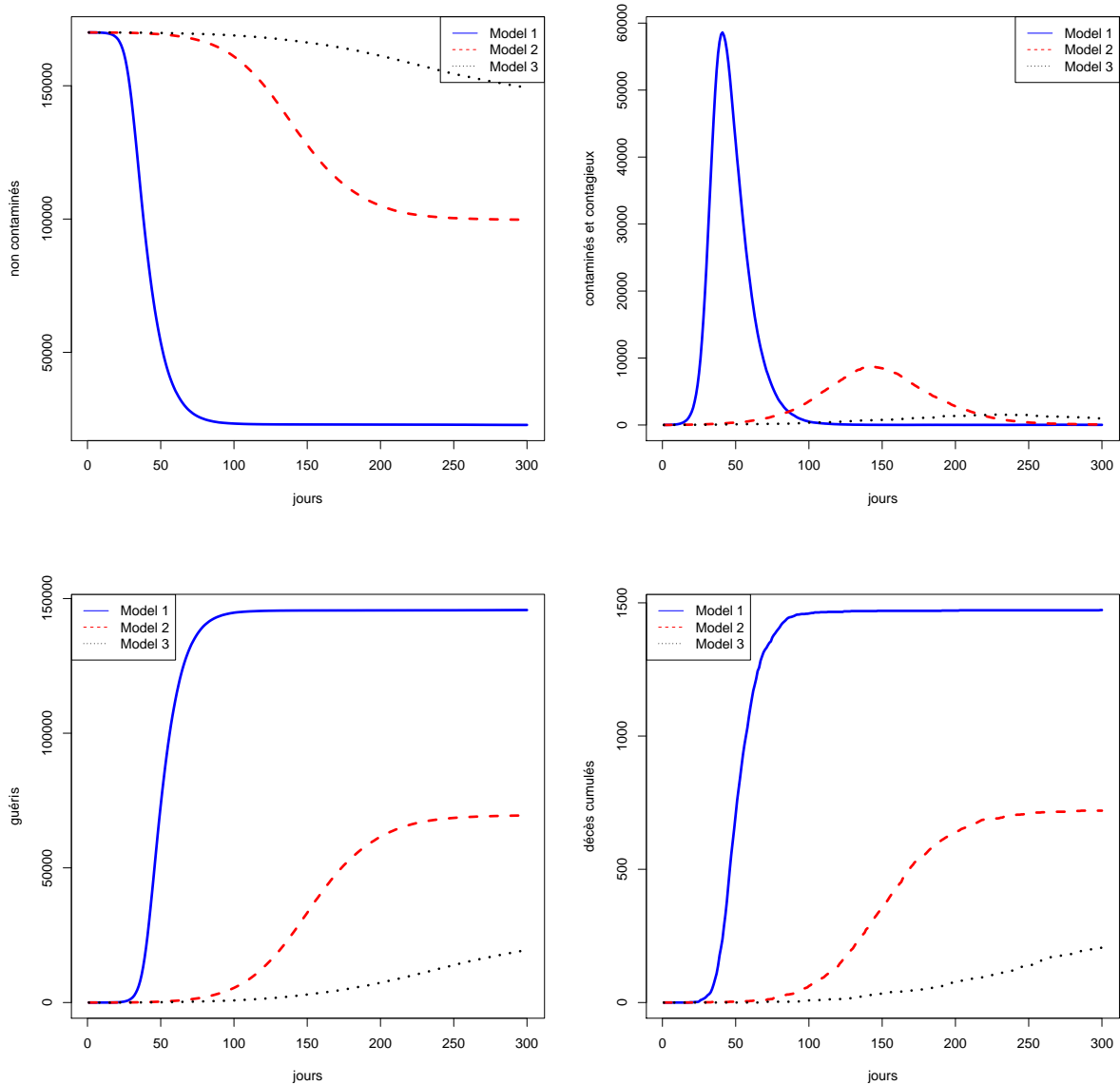


FIGURE 1 – Evolution du nombre de personnes non contaminées, contaminées et contagieuses, guéris et décédées selon les modèles

Le Tableau 1 contient par ailleurs les pourcentages de non-contaminés en fin de période, les nombres maximum de contaminés et contagieux simultanés, les pourcentages de guéris en fin de période, les nombres

de décès en fin de période, pour chacun des trois modèles. Comme le nombre de personnes à soigner est proportionnel au nombre de personnes contaminées et pas encore guéries ou décédées, ce résultat permet d'évaluer la pression potentielle sur le système de santé.

TABLE 1 – Résultats de l'épidémie selon les différents modèles

	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
Pourcentages de non-contaminés en fin de période	13.39	58.67	87.83
Nombres maximum de contaminés et contagieux simultanés	58605	8790	1548
Pourcentages de guéris en fin de période	85.73	40.86	11.48
Nombres de décès en fin de période	1473	720	206

3 Conclusion

Ce modèle n'est qu'une approximation grossière et donc fautive de la réalité, mais comme l'ont écrit Box and Draper (2007, p.63) : "n'oubliez pas que tous les modèles sont faux ; la question pratique est de savoir jusqu'à quel point ils peuvent être erronés pour ne pas être utiles."

Les résultats des simulations sont éloquentes. Des changements de comportements peuvent avoir des effets extrêmement importants sur une épidémie. Ce n'est évidemment pas un résultat nouveau. Les mesures fortes des gouvernements sont donc indispensables. Si chacun les applique strictement, nous pouvons éviter un effet dévastateur sur les systèmes de santé. Soyons donc solidaires avec les personnes engagées dans la lutte contre l'épidémie en respectant strictement les consignes.

Références

- Box, G. E. and Draper, N. R. (2007). *Response surfaces, mixtures, and ridge analyses*, volume 649. John Wiley & Sons.
- R Development Core Team (2015). *R : A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.