



"Données et prédictions de pics sur la Covid-19 : une leçon de modestie?"

Michel BERA

Professeur du Cnam, nommé sur la Chaire de modélisation statistique du risque, membre agrégé de
l'Institut des actuaires

Souvenirs de mars 2020

- Données OMS -> données John Hopkins
- Changement de mesures permanentes : décès notamment
- Polémique des tests
- Une totale inconnue sur la pandémie naissante
- « nous suivons l'Italie à une semaine de décalage »

Articles
anglo-saxons
structurants
(mar20)

- 19 mars 2020 - Coronavirus: The Hammer and the Dance – Thomas Pueyo
- 30 March 2020 Imperial College COVID-19 Response Team

Estimating the number of infections and the impact of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in 11 European countries

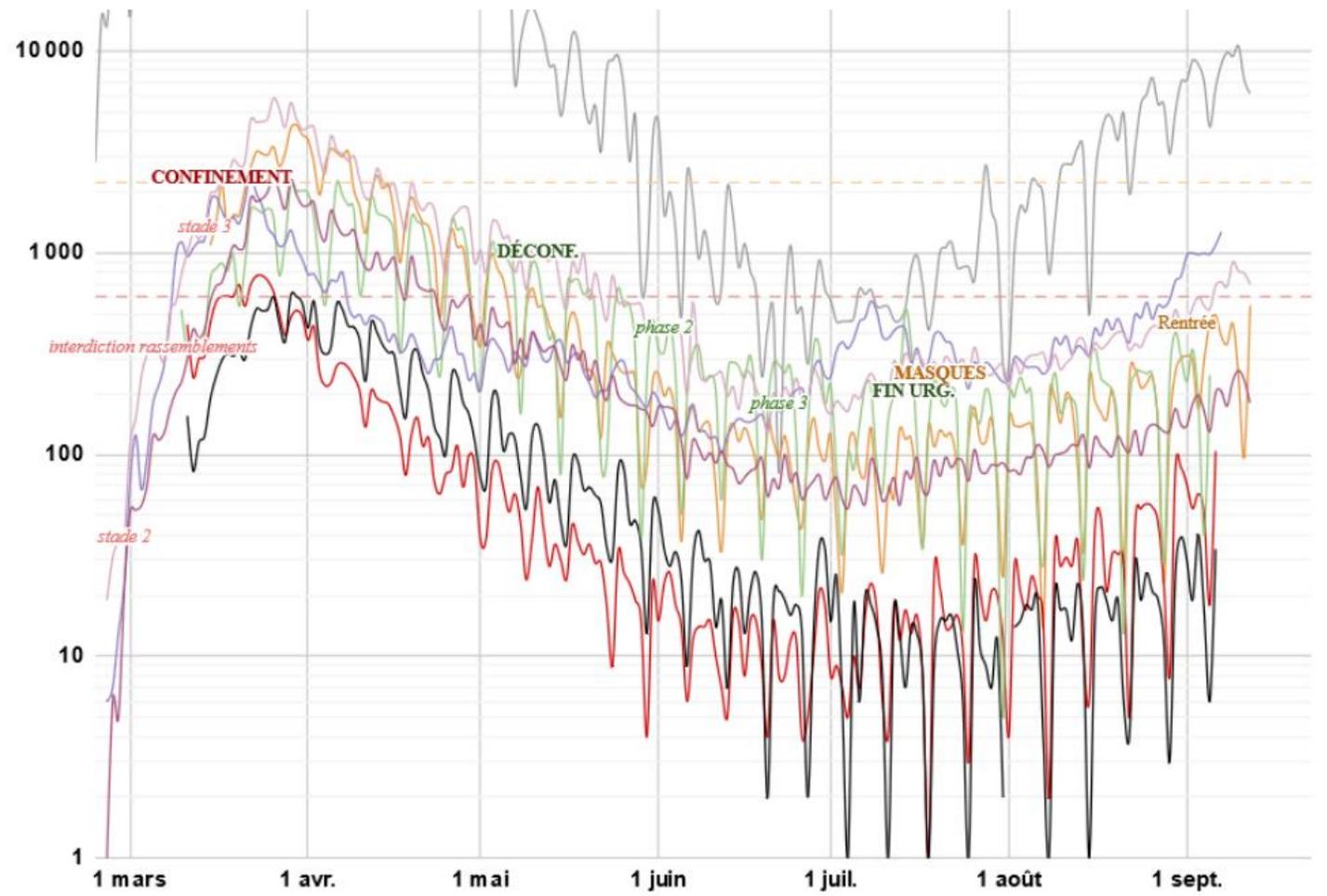
DOI: <https://doi.org/10.25561/77731>

Essai de modélisation robuste (mars 2020)

- Répondre à la question (avant de chercher à connaître les secrets de l'Univers – Vladimir Vapnik): à quand le pic de l'épidémie (décès)
- Données non stables statistiquement (euphémisme)
- Réflexion sur le « **moins mauvais modèle même pas faux** »
- Approche russe : chercher dans les différents pays une loi commune paramétrable
- Algorithme régularisant pour trouver le « point d'inflexion »:
 - Utilise les données sur les x derniers jours
 - Cherche à régulariser (méthode inspirée de EWMA)
 - Utilise la fonction de répartition (décès cumulés en échelle logarithmique) dont il faut « trouver » la dérivée seconde
 - **Problème** : impossible de « backtester », et donc de comparer aux autres modèles, les données changeant sans cesse rétroactivement

Situation actuelle (sep20)

- Bien meilleures manières de soigner les patients
- Toujours la polémique sur les tests et autres mesures de la pandémie
- Toujours dans l'inconnu « deuxième vague ou non »
- Grave atteinte à la Science, remplacée par les Croyances, dans l'esprit du public : gros dégâts des réseaux sociaux et des media « addictifs »



Graphiques
de Qualitiso
(16sep20)

Comparaison historique :
l'épidémie du Covid-19 face aux quinze épidémies
les plus meurtrières de l'Histoire

	Période	Estimation basse (1 000)	Estimation moyenne (1 000)	Estimation haute (1 000)	Population mondiale (1 000 000)	Nombre de morts (estimation moyenne) / Population mondiale
Peste d'Athènes	429 av. J.-C.- 426 av. J.-C.	70	88	100	50	0,18 %
Peste antonine	165-180	5 000	7 500	10 000	202	3,71 %
Peste de Cyprien	250-266	1 000	1 000	1 000	205	0,49 %
Peste de Justinien	541-542	25 000	62 500	100 000	213	29,3 %
Variole japonaise	735-737	2 000	2 000	2 000	226	0,88 %
Peste noire	1331-1353	75 000	137 500	200 000	392	35,1 %
Variole	1520	5 000	6 500	8 000	461	1,41 %
Épidémie de cocoliztli	1545-1548	5 000	10 000	15 000	461	2,54 %
Épidémie de cocoliztli de 1576	1576-1580	2 000	2 250	2 500	554	0,41 %
Peste italienne	1629-1631	280	640	1 000	554	0,12 %
Grande peste de Naples	1656-1658	1 250	1 250	1 250	603	0,21 %
Peste perse	1772	2 000	2 000	2 000	990	0,2 %
Peste de Chine	1855-1960	15 000	18 500	22 000	1 263	1,46 %
Grippe espagnole	1918-1920	17 000	58 500	100 000	2 307	3,47 %
VIH	1920-	25 000	30 000	35 000	3 712	0,81 %
Covid-19	2019-	328 (au 19 mai 2020)			7 643	0,0042 %

Source : P. Cirillo et N. N. Taleb, « Tail Risk of Contagious Diseases », 23 mars 2020

Un tableau qui
est peut-être
imprudent

L'article d'Oxford : « *regression to the tail* »

- « Regression to the tail » vs « regression to the mean »
- Article : Bent Flyvberg, BT Professor and Chair Programme Management, University of Oxford : *The Law of Regression to the Tail : How to Mitigate Covid-19, Climate Change, and Other Catastrophic Risks*
- Extension par Flyvberg d'une expression de Sir Francis Galton « regression to the mean », « retour à la moyenne » : on retourne « à la catastrophe extrême, voire pire »
 - *Table 1: Top 10 phenomena that are subject to the law of regression to the tail, ranked after fatness of tails. The higher on the list, the fatter the tail, and the larger and more frequent regressions to the tail will be. All phenomena have infinite variance. The table shows phenomena for which data were available.*

Les exemples de Flyvberg

Phenomenon	Described in
1. Earthquakes (intensity as Richter Scale maximum peak)	Clauset et al. 2009
2. Cybercrime (financial loss)	Maillart and Sornette 2010
3. Wars (number of battle deaths per capita of involved nations)	Newman 2005
4. Pandemics (number of deaths)	Cirillo and Taleb 2020
5. IT procurement (percentage size of cost overrun)	Flyvbjerg et al.
6. Floods (volume of water)	Malamud and Turcotte 2006
7. Bankruptcies (percent of firms per year per industry)	Hong et al. 2007
8. Forest fires (size of area affected)	Clauset et al. 2009
9. Olympic Games (percentage size of cost overrun)	Flyvbjerg et al.
10. Blackouts (number of customers affected)	Clauset et al. 2009

Filiation de la réflexion : suivi des références

- L'article de Maillart et Sornette (2010), cité par Flyvbjerg, cite lui-même Rodkin et Pisarenko (2010) : dans ce dernier article traduit du russe, la table 4.1 de la page 79 étudie tout un ensemble de catastrophes, les modélise à l'aide d'une GPD, et montre :
 - Que les catastrophes ont un maximum prévisible : on abandonne l'image terrifiante du « toujours plus, vous n'avez rien vu », alors que le montant maximal est borné
 - Que l'on peut effectivement calculer un quantile élevé (force de l'approche de la GPD), ici à un seuil de 0.95 (SOLVENCY II demande 0.995)
 - Qu'à la date de parution de l'article (2010), le maximum effectivement observé est inférieur à ce quantile (sauf pour les tremblements de terre)

Table 4.1 Characteristics of disasters and parameters of fitted GPD law

	Lower threshold h , sample size n , intensity λ (1/year)	Form parameter ζ	Goodness- of-fit (p value)	Maximum observed effect	Quantile $Q_{0.95}(10)$
Seismic moment magnitude m_w , Harvard catalog 1976–2012	$m_w \geq 6.8$ $n = 324$ $\lambda = 8.80$	-0.163 ± 0.076	0.59	$m_w = 9.1$	9.13
Earthquake fatalities, Japan, 1900–2011 $\lg(x)$	$h = 3$ persons $n = 44$ $\lambda = 0.339$	-0.260 ± 0.111	0.43	142,807 persons	58,000 persons
Injured in earthquakes, Japan, 1900–2011 $\lg(x)$	$h = 3$ persons $n = 99$ $\lambda = 0.884$	-0.374 ± 0.063	0.69	103,733 persons	75,000 persons
USA, perished in floods, 1995–2011 x	$h = 3$ persons $n = 41$ $\lambda = 1.11$	0.0	0.22	35 persons	53 persons
Affected in floods, USA, 1995–2011 $\lg(x)$	$h = 500$ persons $n = 52$ $\lambda = 3.06$	-0.182 ± 0.113	0.66	11,000,148 persons	17,700,000 persons
USA, estimated economic losses from floods, 1995–2011 in millions of \$, $\lg(x)$	$h = 80$ $n = 32$ $\lambda = 1.88$	-0.486 ± 0.091	0.90	12,000	12,400
USA, perished in tornadoes, 1953–2012 $\lg(x)$	$h = 20$ persons $n = 53$ $\lambda = 0.88$	0.0	0.75	1,200 persons	1,480 persons

Le tableau
de Rodkin

L'humilité est nécessaire là encore

- Comme toujours en statistique, les hypothèses dites « hypothèses nulles » à partir desquelles on conduit les calculs de tests, et les p-values associées aux valeurs recueillies de ces tests, ne permettent que de faire des modèles statistiques « même pas faux », pour reprendre l'expression d'un collègue du Cnam titulaire de la Chaire de Métrologie. *Nihil obstat* : toutes les p-values de tous les tests d'hypothèses nulles sont supérieures à 0.05, par exemple.
- Le premier drame habituel des statisticiens, et surtout de ceux qui travaillent sur les valeurs extrêmes, est qu'il n'y a pas assez de données d'une part, qu'elles sont de mauvaises qualités d'autre part (surtout pour les pandémies historiques !)
- L'une des hypothèses qui peut faire l'objet de contestations est celle de l'indépendance des variables de l'échantillon.

L'humilité est là encore nécessaire (2)

De même, le système est très sensible à de « nouvelles » grandes valeurs de la variable étudiée, même si par le passage de X à $\log(X)$ on peut conserver la notion de quantile élevé (Value at Risk), d'Expected Shortfall (« Shadow mean ») et de maximum possible de la variable. L'étude directe d'une GPD sur les valeurs extrêmes de X est instable, et ce serait une grosse erreur que de vouloir reconstruire une estimation de moyenne en prenant la formule $\exp(E(\log(X)))$!

Une autre hypothèse enfin est celle de l'homogénéité de l'échantillon et des risques associés. Si l'échantillon doit être découpé en classes de risques, une seule classe peut perturber fortement par son comportement extrême particulier l'interprétation de l'analyse globale. C'est la direction suivie par l'article de Farkas, Lopez, Thomas (2020, en révision). Je remercie au passage Olivier Lopez de l'Université Paris Sorbonne pour m'avoir aidé à construire la bibliographie de ce papier.

En matière d'homogénéité, mélanger dans le même échantillon les pandémies respiratoires de type HxNx, les coronavirus, les pestes, varioles et autres choléras est bien imprudent, même si c'est encore une fois spectaculaire.