Les modélisateurs de l'épidémie de la COVID-19

Fabrizio Li Vigni

▶ **To cite this version:**

Fabrizio Li Vigni. Les modélisateurs de l'épidémie de la COVID-19. Annales des Mines - Enjeux Numériques, 2023, Données et modèles : Technopolitique de la crise sanitaire, 21, pp.91-96. halshs-04009295

HAL Id: halshs-04009295
https://shs.hal.science/halshs-04009295

Submitted on 1 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les modélisateurs de l'épidémie de la COVID-19

Par Fabrizio LI VIGNI
Sociologue du numérique, docteur en sociologie et chargé de recherche au CNRS
Centre Internet et Société (CIS), CNRS UPR 2000 / GDR 2091
Mots-clés : épidémiologie, modèles, simulations, numérique, COVID-19

L'apparition de l'« épidémiologie computationnelle » dès le début des années 2000 a renouvelé l'activité de modélisation des maladies infectieuses par des outils numériques. Pendant la crise de la COVID-19, les gouvernements de certains pays ont pris leurs décisions en fonction des modélisations de ces chercheurs issus des sciences de la nature et de l'ingénieur. Toutefois, ces derniers n'ont pas été les seuls modélisateurs à se mobiliser et à être sollicités par les autorités afin d'anticiper la diffusion de la maladie. Des outsiders – issus des sciences naturelles et sociales – ont été mis à contribution alors qu'ils ne s'étaient jamais occupés d'épidémies auparavant. Cet article revient sur ces deux communautés ainsi que sur les raisons par lesquelles elles se sont rendues disponibles aux décideurs dans un contexte d'urgence sanitaire.

Introduction

Les modèles épidémiologiques mathématiques existent depuis les années 1920 (Hethcote, 2000), mais l'apparition de l'« épidémiologie computationnelle » a renouvelé l'activité de modélisation des maladies infectieuses par des outils issus de l'informatique et de la physique (Li Vigni, 2021). Des techniques sophistiquées comme les « modèles à base d'agent » et la « théorie des réseaux » permettent en effet de modéliser des systèmes composés de nombreux éléments hétérogènes en interaction réciproque et dynamique : leur avantage par rapport aux modèles déterministes du siècle dernier réside dans le fait qu'ils permettent de tester *in silico* et d'évaluer de manière probabiliste différents scénarios de l'évolution d'une épidémie.

On compte aujourd'hui une vingtaine d'équipes d'épidémiologistes computationnels dans les pays du Nord au sein d'universités, centres de recherche et agences de santé publique. Ces équipes collaborent de manière ponctuelle dans plusieurs cadres depuis la deuxième moitié des années 2000. Mais avec la pandémie de la COVID-19, certains d'entre eux ont été propulsés sur le devant de la scène politique et médiatique du fait de leurs anticipations des pics épidémiques et de leur travail d'expertise dans la gestion de la crise sanitaire. Toutefois, ils n'ont pas été les seuls modélisateurs à être sollicités par les autorités publiques ou à se mobiliser spontanément afin d'anticiper la diffusion de la maladie et à l'expliquer au grand public. Des outsiders – issus des sciences naturelles et sociales – ont été mis à contribution de la recherche sur la COVID-19 alors qu'ils ne s'étaient jamais occupés d'épidémies auparavant.

Cet article se propose, dans la première partie, de revenir sur les fondateurs de l'épidémiologie computationnelle *stricto sensu* et sur les stratégies scientifiques et institutionnelles par lesquelles ils ont réussi à s'implanter dans le paysage de la santé publique occidentale ; la deuxième partie propose ensuite quelques hypothèses pour expliquer ce qui a pu mener des modélisateurs sans expérience épidémiologique préalable à contribuer à l'étude de la COVID-19 à la faveur des décideurs politiques et de la population.

Les fondateurs de l'épidémiologie computationnelle

Dans une précédente étude de l'épidémiologie computationnelle (Li Vigni, 2021), un paradoxe nous posait question : comment des spécialistes des réseaux issus des mathématiques, de la physique et de l'informatique ont-ils réussi à devenir des experts d'épidémies vis-à-vis des décideurs politiques, sans afficher un parcours professionnel en santé publique ? Fondée dans les années 2000 par un petit nombre de physiciens-statisticiens (Pastor-Satorras et Vespignani, 2001), cette nouvelle spécialité vise, depuis l'épidémie de H1N1, à enrichir la modélisation des maladies par des outils numériques, et à offrir aux pouvoirs publics une aide à la décision afin d'évaluer les risques de contagion, les populations vulnérables et l'effet des mesures d'intervention pour endiguer la propagation des pathogènes (Marathé et Vullikanti, 2013).

Pour justifier leur migration disciplinaire et la généralisation de leurs outils à des objets inédits, les fondateurs de l'épidémiologie computationnelle expliquent que tous les systèmes naturels et humains réticulaires peuvent être étudiés par la même boîte à outils théorique et méthodologique. La plupart des membres de cette communauté partagent le même type de carrière, avec un début disciplinaire, une phase de transition interdisciplinaire et un atterrissage de spécialisation. Pour certains d'entre eux, les épidémies n'étaient au début qu'un objet d'étude parmi d'autres. Au tournant des années 2010, certains pionniers eurent la possibilité de se dédier à temps plein à la modélisation épidémiologique et constituèrent, au sein d'universités et de centres de recherche, des équipes spécialisées dans le but de répondre aux appels à projet européens et américains sur l'étude des épidémies en cours. La vie de ces chercheurs a été littéralement rythmée par les « tempêtes microbiennes » (Zylberman, 2013) de l'histoire récente (H1N1, H5N1, MERS-CoV, Ebola, dengue, Zika, zoonoses, grippes saisonnières…).

Avant de devenir un point de passage obligé des comités scientifiques gouvernementaux pendant la dernière crise sanitaire, les épidémiologistes computationnels ont dû passer par plusieurs épreuves scientifiques et institutionnelles pour gagner en légitimité. Le premier argument que nos interviewés donnent pour expliquer la croissante crédibilité de leur spécialité concerne l'acquisition du langage propre à l'épidémiologie. Deuxièmement, les résultats scientifiques pour convaincre les professionnels de la santé publique, aussi bien que les décideurs politiques, ne sont pas, ou pas principalement, l'exactitude, l'élégance et la nouveauté d'une équation ou d'une ligne de code. La crédibilité est venue plutôt du fait d'avoir pris des risques et gagné des paris en publiant des articles contenant des anticipations sur des épidémies en cours. Cela s'est accompagné, en troisième lieu, de la création de liens de confiance avec les professionnels de santé des agences et des ministères, et ce en temps d'alerte sanitaire majeure (Ebola, MERS-CoV…) comme en temps de paix (grippe saisonnière, zoonoses…). En quatrième et dernier lieu, la consécration est passée par un rite de passage institutionnel : être embauchés en tant qu'épidémiologistes par un hôpital ou un centre de recherche sanitaire.

Lorsque la COVID-19 arriva en Occident début 2020, la communauté d'épidémiologistes computationnels était déjà implantée dans le paysage de la santé publique européenne et

américaine. C'est alors que les gouvernements occidentaux ont pu prendre certaines de leurs décisions (dont le confinement) en fonction des modélisations de ces nouveaux acteurs[1].

La montée des outsiders de la modélisation épidémiologique

Parfois péjorativement qualifiés d'« épidémiologistes amateurs »[2], un certain nombre de mathématiciens, physiciens, biologistes, informaticiens, écologues, ingénieurs, économistes, géographes et sociologues ont contribué à la modélisation de la COVID-19, et ce de manière plus ou moins encadrée institutionnellement. Comment expliquer leur apparition dans le paysage, alors que de leur propre aveu ils manquaient de toute expérience en matière d'épidémies ? Autant la sollicitation des épidémiologistes computationnels était prévisible par les initiés, autant l'arrivée de ces nouveaux modélisateurs était plus difficile à anticiper. Des recherches sont en cours pour mettre au jour leurs raisons et leurs pratiques de recherche et de conseil, mais nous pouvons dores et déjà avancer au moins quatre explications qu'on peut regrouper dans deux ordres, *contextuel* et *épistémologique*. Passons-les en revue.

D'un point de vue *contextuel*, l'appel des autorités étatiques à mettre la communauté scientifique au service de l'urgence sanitaire, couplé à l'arrêt des activités habituelles, a encouragé les chercheurs de tout bord à contribuer, comme ils le pouvaient, à l'avancement des connaissances sur l'épidémie en cours. Dès le 5 mars 2020, l'Élysée réunit des acteurs de la recherche publique et privée pour « conjugu[er] les efforts » « dans la lutte contre le Coronavirus »[3]. Un communiqué de presse publié par les principales institutions scientifiques françaises reporte qu'Emmanuel Macron, lors de son allocution du 12 mars 2020 annonçant le confinement général, « a rappelé sa 'confiance dans la science' face à la pandémie de COVID-19 »[4]. Dans le but de « comprendre le virus et tenter d'en limiter sa propagation », mention est faite aussi de la nécessité de mobiliser la recherche pour unir les forces et partager les connaissances. Fin 2020 le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation annonce la création d'une nouvelle agence de recherche (nommée Maladies Infectieuses Émergentes) sous la houlette de l'Inserm, dans le but de coordonner les travaux sur l'épidémie en complémentarité avec l'Agence Nationale de la Recherche[5]. Entre mars 2020 et avril 2021, cette dernière institution a financé 279 projets en matière de COVID-19 sur des thèmes divers, parmi lesquels figure l'immanquable « modélisation de la dissémination du virus »[6]. En avril 2020, l'Institut National des Sciences Mathématiques et de leurs Interactions du CNRS lance la plateforme MODCOV19 pour coordonner les chercheurs qui veulent contribuer à la compréhension et à l'anticipation de l'épidémie. L'appel est délibérément large et ouvert : « à tous les scientifiques ayant des compétences en

---

1 https://www.lemonde.fr/sciences/article/2020/03/30/neil-ferguson-l-epidemiologiste-qui-murmure-a-l-oreille-de-downing-street_6034945_1650684.html (consulté le 16.12.22).

2 https://www.technologyreview.com/2021/10/15/1037195/engineering-epidemiology-pandemic-problem-solving/ (consulté le 16.12.22).

3 https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2020/03/05/coronavirus-chercheurs-des-secteurs-public-et-prive-unissent-leurs-forces-dans-la-lutte-contre-le-covid-19 (consulté le 16.12.22).

4 https://www.cnrs.fr/fr/en-temps-de-pandemie-la-recherche-fait-partie-de-la-reponse (consulté le 16.12.22).

5 https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/creation-d-une-nouvelle-agence-de-recherche-sur-les-maladies-infectieuses-et-emergentes-47114 (consulté le 16.12.22).

6 https://anr.fr/fr/actualites-de-lanr/covid-19-les-actions-de-lanr-en-soutien-a-la-recherche/ (consulté le 16.12.22).

modélisation, quel que soit le domaine concerné, ils sont les bienvenus. Notre souhait est de travailler en complémentarité avec les équipes actuellement engagées en première ligne pour venir à bout de la pandémie et préparer l'avenir. Pour ce faire, toutes les forces sont nécessaires »[7].

Dans ce contexte d'appel aux armes et de déploiement financier conséquent, il n'est pas étonnant que des chercheurs de tout bord aient souhaité contribuer à l'étude de la COVID-19. Les instituts de recherche[8], les universités[9] et les grandes écoles[10] ont ainsi pu mobiliser de manière exceptionnelle leur personnel et leurs ressources dans une réorientation temporaire de leurs activités. En plaidant pour une diversité d'approches, les modélisateurs extérieurs au champ de la santé publique ont été décrits par la presse comme des chercheurs « de bonne volonté » et « altruiste[s] » souhaitant « apporter leur pierre à l'édifice »[11]. Ces outsiders ont pu être actifs de deux manières différentes, soit en répondant à des appels les encadrant dans des dispositifs tel MODCOV19 : on les appellera outsiders institutionnalisés ; soit en participant de façon autonome dans l'espace public via des interventions médiatiques ou des sites internet tel CoVprehension (une plateforme permettant aux internautes de poser des questions aux chercheurs) : on les appellera outsiders non-institutionnalisés. L'équipe pluridisciplinaire derrière ce portail décrit ses membres comme étant « désireux de mobiliser leurs compétences pour répondre [aux] interrogations légitimes » des citoyens[12]. Le site aborde notamment les questions de la propagation du virus et des actions individuelles et collectives à mettre en place pour l'endiguer, à travers la réalisation de plusieurs modèles simplifiés et pédagogiques.

Au sein du collectif de CoVprehension, on trouve aussi deux arguments d'ordre *épistémologique* invoqués par ces modélisateurs pour justifier leur contribution à l'épidémiologie de la COVID-19. Leur premier argument concerne l'ontologie des phénomènes de contagion en général : qu'ils soient informatiques, d'opinion, biologiques ou épidémiologiques, ceux-ci possèdent selon eux des propriétés communes ou universelles permettant aux scientifiques de les étudier par un même ensemble d'approches. À ce titre, le site de CoVprehension insiste sur la notion de « systèmes complexes » pour caractériser l'épidémie de SARS-CoV2. Dans un livre publié aux Éditions Matériologiques par deux membres du collectif, les économistes Juliette Rouchier et Victorien Barbet expliquent que ce genre de systèmes fonctionnent grâce à des « transmissions dans les interactions » (Rouchier et Barbet, 2021, p. 22). Dans un même geste, ces auteurs invoquent la possibilité d'étudier les phénomènes de contagion par une seule et même catégorie d'outils du fait de leur flexibilité : « Les modèles agents de diffusion forment une classe de modèles qui est devenue populaire dès l'invention de la simulation agents dans les années 1990. […] il n'y a pas qu'une maladie

---

[7] https://www.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/modcov19-la-modelisation-pour-mieux-lutter-contre-la-pandemie (consulté le 16.12.22).

[8] Par exemple le CNRS : https://www.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/covid-19-un-apres-mobilisation-generale-au-cnrs (consulté le 16.12.22).

[9] Par exemple l'Université PSL : https://psl.eu/covid-19-initiatives-de-recherche-de-psl (consulté le 16.12.22).

[10] Par exemple l'École Polytechnique : https://portail.polytechnique.edu/fxconseil/fr/covid-19-les-laboratoires-multiplient-les-initiatives (consulté le 16.12.22).

[11] https://www.lemonde.fr/sciences/article/2021/01/05/covid-19-enquete-sur-ces-modelisateurs-qui-anticipent-la-pandemie_6065204_1650684.html (consulté le 16.12.22).

[12] https://covprehension.org/2020/03/24/q0.html (consulté le 16.12.22).

contagieuse que l'on peut voir se transmettre entre deux agents, mais aussi une opinion, une croyance, un désir d'achat ou un comportement » (*ibid.*, p. 24). Dans la conclusion de leur livre, en tâchant d'assoir leur légitimité en tant qu'outsiders de l'épidémiologie, Rouchier et Barbet insistent de nouveau sur « le lien structurel fort entre tous les modèles de diffusion, qui permettent de transposer des questions en changeant certains éléments seulement » (*ibid.*, p. 130). Dans cette optique, l'homologie structurelle des phénomènes de diffusion rencontre et se concilie avec la flexibilité des méthodes numériques, ce qui a permis aux outsiders de la modélisation épidémiologique d'approcher des systèmes complexes qu'ils n'avaient pas l'habitude d'étudier. Au nom de ces arguments, l'équipe de CoVprehension a pu proposer des analyses critiques et des suggestions d'amélioration aux modélisateurs institutionnalisés, ainsi que des activités de vulgarisation au bénéfice du grand public.

Conclusion

Tandis que les experts des réseaux à l'origine de l'épidémiologie computationnelle avaient un projet de migration disciplinaire assumé, les chercheurs ayant contribué de différentes façons à la modélisation de la COVID-19 se sont retrouvés à s'occuper d'épidémies du fait, d'abord, du contexte institutionnel propice à une reconversion temporaire de leurs sujets de recherche, mais aussi en raison de l'approche « systèmes complexes » leur permettant de voir et de traiter les phénomènes de contagion avec leurs outils de modélisation habituels.

En conclusion, des recherches sociologiques ultérieures sont nécessaires pour décrire les pratiques des modélisateurs outsiders pendant la crise sanitaire, pour éclairer leurs modalités d'interfaçage avec les pouvoirs, les médias et les publics, mais aussi pour découvrir si la COVID-19 a modifié durablement leurs intérêts de recherche pour les années à venir.

Bibliographie

HETHCOTE H.W. (2000), « The Mathematics of Infectious Diseases », *SIAM Review*, vol. 42, n. 4.

LI VIGNI F. (2021), « L'épidémiologie computationnelle à l'ère de la COVID-19. Enjeux disciplinaires et politiques d'une spécialité fondée sur l'étude des réseaux », *Réseaux*, vol. 4, n. 228.

MARATHÉ M. & VULLIKANTI A.K.S. (2013), « Computational epidemiology », *Communications of the ACM*, vol. 56, n. 7.

PASTOR-SATORRAS R. & VESPIGNANI A. (2001), « Epidemic dynamics and endemic states in complex networks », *Physical Review E*, vol. 63, n. 6.

ROUCHIER J. & BARBET V. (2020), *La diffusion de la Covid-19. Que peuvent les modèles?* Paris, Éditions matériologiques.

ZYLBERMAN P. (2013), *Tempêtes microbiennes. Essai sur la politique de sécurité sanitaire dans le monde transatlantique*, Paris, Gallimard.