



**HAL**  
open science

# Entre science et politique, l'emprise des modèles sur la population en temps d'épidémie. Le cas de la crise de Covid-19 en France durant les deux premières vagues (mars-décembre 2020)

Mathieu Corteel, Renaud Crespin

## ► To cite this version:

Mathieu Corteel, Renaud Crespin. Entre science et politique, l'emprise des modèles sur la population en temps d'épidémie. Le cas de la crise de Covid-19 en France durant les deux premières vagues (mars-décembre 2020). 2023. hal-04369883

**HAL Id: hal-04369883**

**<https://hal.science/hal-04369883>**

Preprint submitted on 2 Jan 2024

**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.

**Titre : Entre science et politique, l'emprise des modèles sur la population en temps d'épidémie. Le cas de la crise de Covid-19 en France durant les deux premières vagues (mars-décembre 2020)**

---

- Corteel Mathieu, Chercheur postdoctoral Harvard University, SciencesPo-CSO,  
mathieu.corteel@sciencespo.fr

- Crespin Renaud  
CRHC, CNRS, SciencesPo-CSO  
Renaud.crespin@sciencespo.fr

---

**Résumé :** Le rôle de la modélisation dans la mise en place stratégique des mesures sanitaires et la légitimation des politiques publiques met en évidence trois aspects de la gestion de crise de Covid-19 en France : (1) l'émergence ad hoc d'une forme d'institutionnalisation momentanée des outils scientifiques (modèles) qui sert le politique et se trouve en même temps légitimé par lui ; (2) la construction d'une forme nouvelle de représentation physicaliste de la population sur laquelle le pouvoir politique a pu prendre prise ; et (3) l'alignement stratégique du pouvoir et du savoir autour d'un effacement du social à la faveur d'une intervention générale sur la population. Dans la première partie de l'article nous discutons l'institutionnalisation temporaire des modèles, mettant en évidence leur importance dans la mise en place du confinement et la gestion des deux premières vagues. Dans la deuxième partie nous examinons la nature même des modèles et comment ils représentent la population en la dépouillant de tout constituant autre qu'une force d'infectivité. Enfin, dans la troisième partie de notre analyse nous explorons la manière dont la modélisation épidémiologique a légitimé les politiques mises en œuvre, mais également le retour d'autres définitions de la population, propre à la santé publique.

**Mots-clés :** crise de covid-19, modélisation épidémiologique, décisions politiques, mesures sanitaires, ontologies des populations

## Introduction

« D'une époque à une autre non seulement il ne s'agit pas du même peuple, mais on ne parle pas des mêmes maladies et l'on n'invoque pas les mêmes causes » (Delaporte, 1995, p. 8). Dans le temps long de l'histoire, les épidémies et les peuples se sont transformés. De sorte que la mutation des cadres de représentation et des méthodes de lutte contre les épidémies a généré une certaine incommensurabilité historique (Kuhn, 1962 ; Feyerabend, 1979) interrogeant l'intelligibilité des travaux comparatifs entre épidémies (Lachenal et Thomas, 2020 ; Moulin et Da Facci, 2021). En effet, même si l'objectif de sauver des vies demeure constant, nos représentations des causes des épidémies et des actions à mener pour les combattre ont inlassablement changé au gré des savoirs disponibles, des types de régimes de pouvoirs politiques<sup>1</sup> et des populations touchées. Pour ainsi dire, les épidémies, ces maladies qui s'abattent sur le peuple<sup>2</sup>, se sont différenciées dans le temps : (1) à travers un ensemble de transformations biophysiques, telles que les mutations génétiques, environnementales ou les changements de vecteur (Grmek, 1983 ; Harper, 2019), mais aussi (2) selon nos représentations scientifiques, politiques et sociales des fléaux (Rosen, 1958 ; Nichter, 2020). Si bien que les réponses apportées aux épidémies par les autorités (religieuses, politiques, médicales) semblent relatives à une double conception à la fois biologique et sociale de l'épidémie – ce que Meiner et Seeberg caractérisent en tant que « biosocial » (Meiner, Seeberg, 2022).

Mais, comment se constitue la représentation des populations durant les crises épidémiques ? Quels sont les techniques et les savoirs qui aident à rendre visibles et intelligibles les épidémies au sein des sociétés ? Comment les pouvoirs se représentent les populations lors des épidémies ? Afin de répondre à ces questions, cet article propose d'interroger la fabrication des représentations de la population par les autorités publiques en période de crise épidémique. Nous prendrons l'exemple des premiers mois de la crise du Covid-19 en France. Durant les premières phases de cette crise (mars-décembre 2020), il semble qu'une part importante de ces représentations ait été générée par l'usage des modèles épidémiologiques au sein des espaces de décision. Il semblerait même que pendant la première phase de la crise (mars-mai 2020), la modélisation ait pris la tête des opérations en se hissant au-dessus des autres savoirs et expertises disponibles (Corteel, 2023). Même si l'impact des modèles épidémiologiques dans la gestion de la crise sanitaire de Covid-19 n'est plus à démontrer (Rhodes et Lancaster, 2022 ; James et al., 2021), la construction des publics « imaginés ou définis » qu'elle a générés au sein de multiples organisations reste à questionner. Il faut pour cela interroger corrélativement l'outil et ses usages. Quels sont les modèles sur la base desquels la décision publique s'est fondée pour agir ? Quelle est la cible de l'action publique, sur qui et quoi agit-elle ?

En étudiant la représentation des populations issue de l'appariement entre certains modèles mathématiques et les instruments du pouvoir politique, il s'agit de s'intéresser à l'ingénierie de l'action publique. Cet article porte sur les logiques politiques, administratives, professionnelles et économiques ayant permis un transfert épistémique (Bod, et al., 2019) de l'expertise des modèles

---

<sup>1</sup> Par la notion de « pouvoirs politiques » nous entendons non seulement les entités, organisations et administrations décisionnaires mais également les relations de pouvoir qui s'inscrivent dans un cadre historique, politique et scientifique précis.

<sup>2</sup> « épi » signifiant « sur » et « démos » signifiant « peuple ».

vers l'espace de la décision politique. Comment ce transfert s'est-il produit ? En quoi les décisions politiques pour lutter contre l'épidémie de Covid-19 résultent-elles de l'association de scientifiques modélisateurs avec les acteurs administratifs habituellement en charge des crises sanitaires ? Dans quelle mesure le positionnement des modélisateurs à la tête de l'expertise du Conseil scientifique a-t-elle favorisé une représentation de la population par le biais de nouveaux supports cognitifs ? Suivre la façon dont les publics se sont constitués au cours de la crise de Covid-19 doit permettre plus généralement de comprendre comment les élites politiques et administratives se représentent le monde qui les entoure. Comment voient-ils le monde et les problèmes qui l'affectent au-delà de ce qu'ils déclarent publiquement ? Se poser la question de la façon dont les publics sont représentés ou « imaginés » est donc une manière de s'interroger sur le processus d'objectivation décisionnelle et opérationnelle des politiques publiques.

En interrogeant la place des modèles épidémiologiques au sein des espaces de décision, il s'agit de montrer comment une certaine science a réussi à imposer son point de vue sur d'autres types d'expertise disponibles pendant la crise. Cet article entend ainsi prolonger la réflexion de François Delaporte sur les épidémies et la représentation des populations émanant du pouvoir (Delaporte, 1995) en s'intéressant plus particulièrement à la façon dont le pouvoir politique s'est représenté la population française lors de la crise de Covid-19. Nous faisons pour cela le constat du caractère central de la modélisation épidémiologique dans la construction des publics, ce qui a profondément impacté la représentation de l'épidémie ainsi que la gestion de la crise. Comment la modélisation épidémiologique est-elle devenue cet instrument incontournable de l'action publique contre le SARS-CoV-2 ? En quoi cette dernière définit-elle un cadre de représentation objectif et légitime à même de justifier l'action des politiques publiques ?

**(Première hypothèse théorique)** Dans les pages qui suivent, nous ferons tout d'abord l'hypothèse d'une construction implicite d'une ontologie des populations issue de l'association des modèles et des politiques publiques. Cette ontologie semble en effet relever, non pas d'un effort de compréhension des conditions de vie des populations, mais bel et bien d'une explication physicaliste de l'épidémie et des mécanismes de la contagion. En un sens, l'image d'une population constituée de fonctions différentielles distribuant la maladie a émergé des modèles épidémiologiques. On se rappelle, à cet égard, l'effet de cadrage cognitif qu'a eu l'image abstraite de « la vague » aussi bien au niveau du gouvernement qu'au niveau de la population (Jones et Helmreich, 2021). La vague illustrant, pour ainsi dire, la force physique véhiculée par les populations. À travers cette image, les populations voient la catastrophe et se voient elles-mêmes en tant qu'acteur de cette dernière (Opitz, 2017).

L'image de « la vague » est apparue, dès le début de la crise, comme une évidence ontologique<sup>3</sup> (*taken for granted*). Cette représentation de l'épidémie comporte une forme de classification conduisant à distinguer des ensembles et sous-ensembles de populations (les suspects, les infectés, les asymptomatiques, les retirés morts ou vifs) dans lesquels chacun cherchait à s'identifier. C'est autour de cette vision synoptique de la population que s'est constitué un cadre de décisions et d'actions coordonnées entre le pouvoir politique et les publics cibles. Si l'objectif d'aplatir « la vague » est rapidement devenu la source commune de l'espérance guidant les conduites, elle a tout autant favorisé le partage implicite d'une ontologie des populations. La mise

---

<sup>3</sup> S. R. Barley, P. Tolbert, "Institutionalization and structuration: studying the links between action and institution", *Organization studies*, 1997, n° 18, p. 93-117.

en évidence de telles catégories abstraites, à même de décrire les dynamiques de l'épidémie et de définir les règles du contrôle, a vu le jour au sein des organisations appareillées à l'État et s'est peu à peu diffusée au sein de la société civile en tant qu'objet de toutes les attentions.

Pour ainsi dire, au début de la crise, l'intégralité de l'action publique s'est structurée autour de cette représentation de la population en compartiments provenant des modèles épidémiologiques. En suivant les dynamiques des fonctions mathématiques distribuées dans le temps et l'espace, ce sont les décisions et les mesures, notamment celle du confinement, qui ont libéré tout le potentiel d'objectivation de cette représentation physicaliste. Le politique a pour ainsi dire réifié, segmenté, mesuré et contrôlé la population à partir de l'agrégat de compartiments *ad hoc* venant décrire mécaniquement la contagion que la population exerce sur elle-même au cours des interactions sociales.

Certes, nous avons conscience que cette représentation modélisatrice de la population n'a pas été univoque et qu'elle ne fut pas la seule à orienter l'action publique. En revanche, nous faisons le constat que d'autres manières de définir la population ont été marginalisées dans les premiers mois de la crise avant d'être à nouveau réintégrées dans l'espace de la décision publique. C'est cette dynamique entre marginalisation et réintégration qui est interrogée dans cet article.

**(Seconde hypothèse théorique)** L'analyse de la crise Covid-19 comme crise organisationnelle (Bergeron, Borraz et al., 2020) a montré comment, dans la première phase de l'épidémie, le pluralisme bureaucratique et la coordination des acteurs normalement en charge de gérer une situation de crise épidémique a été mise de côté. La création d'un Conseil scientifique a entériné ce régime d'exception. Or, dans une situation dite « normale », chaque administration ou agence a des modalités privilégiées de définition et de catégorisation de la population. C'est ce que montre par exemple la littérature s'intéressant aux publics cibles de l'action publique (Schneider et Ingram, 1993 et 2015). Ainsi le ministère de l'Intérieur s'intéresse à la population par le biais de différentes catégories comme les délinquants ou les victimes – le ministère de la Santé comme des malades ou comme à risques de maladie – le ministère de la Justice comme des justiciables et des citoyens – le ministère de l'Économie comme des acteurs économiques – le ministère de l'Éducation comme des écoliers, des collégiens, des lycéens ou des étudiants, etc. Ces infrastructures informationnelles sur lesquels se fondent et s'orientent l'action des administrations publiques sont difficiles à changer (Bowker et Star, 1999). Des travaux récents soulignent d'ailleurs que les changements dans la manière de quantifier des problèmes sociaux résultent davantage de processus d'accrétion que de création (Demortain, 2019).

Il s'agit alors de s'intéresser aux « coalitions calculatoires » qui travaillent à modifier les systèmes de quantification non pas en les substituant mais en les amendant, les complétant voire en les déviant en fonction des intérêts professionnelles et politiques qui sont les leurs. Ces travaux prolongent ainsi ceux qui s'intéressent à ce qui se joue aux frontières de l'expertise (Bérard et Crespin, 2010). C'est par exemple le cas de la littérature sur les savoirs de gouvernement et sur l'expertise publique (Ihl, Kaluszynski et Pollet, 2003 ; Ihl et al. 2006 ; Robert, 2008) qui montre comment ces coalitions se forment, se développent et se pérennisent à l'intersection des espaces académique et bureaucratique pour produire des données chiffrées (Porter, 1986 ; Desrosières, 2014). Les travaux sur les instruments d'action publique (Lascoumes et LeGalès, 2004) insistent quant à eux sur ce que les outils qui matérialisent l'action publique enferment comme conception du rapport entre les gouvernants et les gouvernés, invitant à analyser les tensions voire les conflits

entre les différentes administrations qui mettent en œuvre ces instruments pour orienter l'action publique.

Or, lors de la première phase de la crise du Covid-19, tout se passe comme si ce pluralisme des savoirs - et des définitions des populations qu'il véhicule - avait été mis de côté au bénéfice de la modélisation épidémiologique comme instrument central de la décision publique. Ce qui nous amène à devoir relativiser la thèse de l'accrétion pour analyser le travail des acteurs de la modélisation. Comment une seule représentation – celle d'une population dont les comportements sont les vecteurs d'une épidémie – a réussi à faire « main basse » sur les savoirs et les instruments de l'expertise publique – reléguant, au moins pour un temps, d'autres conceptions de la population portées par les administrations ?

On fait ici l'hypothèse que ce changement dans les conditions de production de l'expertise publique légitime sur la population a été possible parce que les acteurs porteurs des savoirs de la modélisation sont parvenus à les aligner sur les intérêts de l'espace de décision publique. Pour comprendre cet alignement nous insisterons sur la capacité de certains modélisateurs, non seulement à fournir des preuves scientifiques sur l'étendue et la gravité de l'épidémie, mais également, à produire une représentation rationnelle et stratégique des enjeux que l'épidémie soulève. Mais cet alignement est aussi dépendant des propriétés générales de la situation de crise. La panique, qui facilite les transgressions des règles routinières a certes engendré une dramatisation des enjeux (la guerre, péril de la nation). De même la « nouveauté » du virus a aussi conduit à une forte incertitude sur ce qu'il convient ou non de faire, ce qui a pu s'avérer propice à l'innovation et à la « déstabilisation » des registres habituels de perception des problèmes, constituant une ressource centrale pour les acteurs de la modélisation. En ce sens, nous considérons que l'insertion rapide de la modélisation épidémiologique dans le système de décision publique sur l'épidémie est inséparable des propriétés de la situation dans laquelle les acteurs de la décision ont été conduit à s'en saisir. En ce sens, la normalisation des usages de la modélisation suppose qu'elle soit porteuse d'une transformation de la situation critique (apaisement même relatif de la panique, réduction de l'incertitude, rétablissement d'une frontière stabilisée entre ce qui doit être fait ou non). Pour analyser l'insertion sélective des savoirs de modélisation dans le sous-système de décision publique au début de la crise du Covid nécessite ainsi de s'intéresser non seulement aux propriétés des savoirs et des acteurs qui les portent mais aussi aux propriétés des situations qui rend possible cette insertion.

**(Troisième hypothèse théorique)** Cette double approche de STS et de sociologie de l'action publique s'inscrit dans la littérature existante qui analyse la construction ou co-production du scientifique et du politique (Jasanoff, 2004 ; Shackley et Wynne, 1995). Comme l'ont montré Leach et Scoones (2013) à propos des modèles de maladies zoonotiques, une telle approche renvoie à la manière dont ces modèles sont fabriqués mais aussi appliqués en interaction avec les acteurs politiques. Pour ces auteurs, la capacité des modèles à fournir des récits simples articulant une description des problèmes posés par une épidémie, une hiérarchisation des priorités et différents scénarios de sortie de crise en fonction d'options d'action, constitue des ressources de justification politique pour les autorités publiques sur les mesures prises ou à prendre. En ce sens, caractériser les modes d'appropriation (transfert) de la modélisation épidémiologique dans l'espace de la décision publique permet de discuter des processus de mise sur agenda de l'action publique en situation de crise épidémique en mettant l'accent sur les dimension à la fois politiques

et scientifiques de la solution de la modélisation (Kingdon, 1984). Dans quelle mesure la situation de panique et d'incertitude qui marque les premières semaines de l'épidémie de Covid peut s'analyser comme une « opportunité politique » pour les acteurs de la modélisation afin de promouvoir une certaine conception de l'action et de la population auprès des décideurs publics ?

**(Annonce de plan)** Ainsi, à partir des résultats de notre enquête qualitative, menée tout au long de la crise sanitaire (documentations, entretiens), nous analyserons la construction épistémologique et politique de ce cadre de représentation et d'action en 3 temps.

- (1) Nous interrogerons le processus d'institutionnalisation des modèles en France. Comment la modélisation épidémiologique s'est-elle hissée à la tête des opérations durant la première phase de la crise sanitaire ? L'accent sera mis sur les coalitions d'acteurs multi-situés (scientifiques, agences sanitaires, conseil scientifique, cabinets ministériels) ayant conduit à (ré)orienter l'offre d'expertise pertinente vers les savoirs et savoir-faire de la modélisation.
- (2) Dans un second temps, nous reviendrons sur les propriétés rationnelles de la modélisation épidémiologique qui tout en simplifiant la complexité du monde social (agent, interaction) permet d'en prédire les évolutions à partir de la pertinence épistémologique des modèles. La portée physicaliste des modèles a eu plusieurs effets circonscrits dans le temps, notamment, l'effacement du social et l'alignement stratégique autour de la réduction de l'impact sur les services de soins intensifs. L'introduction de cette représentation semble recouper à plusieurs égards l'introduction des savoirs comportementaux (Bergeron et al. 2018), dans le sens où la description des populations devient l'apanage d'une description physicaliste quantifiable et évaluable qui écarte les savoirs portant sur le social ou encore l'économique.
- (3) Enfin, nous porterons l'attention sur la façon dont la modélisation est parvenue à s'aligner avec le politique en apportant une représentation scientifique de la crise à même de justifier les mesures sanitaires. Ce sont les liens entre science et politique qui seront interrogés pour comprendre comment la modélisation apporte du crédit au pouvoir politique et comment, par effet de miroir, le politique apporte du crédit à la science. Ceci conduira à aborder les liens entre savoir et pouvoir dans l'élaboration des stratégies sanitaires et la justification de ces dernières auprès de la population.

À travers cela, on verra en quoi la participation active de cette méthode scientifique a contribué à l'élaboration des stratégies de contrôle et à la mise en place des mesures publiques en réponse à la pandémie.

## **Partie I : Institutionnalisation des modèles**

Jusqu'à la mi-mars 2020, c'est la modélisation grippale de Santé Publique France qui sert de boussole pour orienter l'action des pouvoirs publics à partir des données de Wuhan. Le caractère rassurant des premières prévisions aura sans doute fait perdre un temps considérable pour la mise en place de mesures efficaces – favorisant ainsi le scénario de la « gripette ». Mais, était-ce le seul outil disponible au début de la crise ? Absolument pas. On disposait alors d'une variété de modèles alternatifs, notamment ceux de l'Institut Pasteur, de l'INSERM et du CNRS. Seulement, le manque de connexion entre les équipes de recherche et le gouvernement rendait l'expertise desdits modélisateurs invisibles aux yeux du pouvoir. Comment s'est donc constitué le lien

stratégique entre le gouvernement et les modèles de l'Institut Pasteur et de l'INSERM ? Quel élément a hissé la modélisation de l'Institut Pasteur à la tête des opérations du Conseil scientifique ?

Avant toute chose, il convient d'analyser une tentative vaine d'Arnaud Fontanet qui, le 3 mars 2020) lors de la réunion de crise qui s'est tenue à l'Élysée, a tenté de convaincre le gouvernement (notamment le président de la République Emmanuel Macron), de mettre en place rapidement des mesures sanitaires (NPIs) pour endiguer l'épidémie. Cette tentative permet de relever, par contraste avec celle victorieuse de la mi-mars, ce qui a rendu possible une accroche entre les responsabilités du gouvernement et la modélisation de l'Institut Pasteur. Quel est l'élément qui a appareillé le pouvoir d'un nouveau modèle et d'une nouvelle conception de la population ? Tout d'abord considérons par la négative les éléments qui n'ont pas attiré l'attention des responsables politiques dans la présentation du 3 mars. Arnaud Fontanet y exposait le risque épidémique pour la France à partir des données de l'Imperial College (Bathia et al., 2020) qui pointait alors (1) un  $R_0 \approx 2.7$ , (2) une croissance indéfinie tant que  $1 - 1/R_0$  % de la population serait infectée, (3) le doublement de la taille de l'épidémie tous les 3 jours, et (4) un taux de mortalité d'environ 0,5 %. Pour ainsi dire, la croissance exponentielle des cas qui était avancée dans cette présentation n'a pas suffi à inquiéter le pouvoir politique.

On doit l'émergence d'une inquiétude des responsables politiques, notamment du président de la République Emmanuel Macron, à Simon Cauchemez. C'est à la mi-mars que ce chercheur de l'Institut Pasteur expose les conséquences possibles de l'épidémie sur le critère (5) à savoir son impact sur les services de soins intensifs. C'est précisément ce critère qui conduira au confinement général de la population. Aussi, ce n'est qu'entre le 12 et le 15 mars 2020 qu'Arnaud Fontanet et Simon Cauchemez, récemment intégrés au Conseil Scientifique, parviennent à convaincre les décideurs politiques d'un risque structurel et logistique dans l'accueil des patients en soins intensifs. En reprenant notamment les scénarios cataclysmiques du modèle de Ferguson (Ferguson et al., 2020) concernant l'impact sur les unités de soins intensifs, Simon Cauchemez est parvenu à démontrer l'importance de se fier aux prédictions de son modèle pour contrôler la vague épidémique. La forte probabilité d'un encombrement des services de soins intensifs, indiquée par le modèle de Ferguson et reprise par Cauchemez, constitue donc le critère d'alignement des responsabilités du gouvernement et de l'objectivité du modèle de l'Institut Pasteur (Salje, Tran Kiem, Lefrancq et al., 2020) C'est ce qui, pour ainsi dire, a hissé le modèle à la tête des opérations du Conseil scientifique.

Un second modèle, celui de l'INSERM, est venu également s'intégrer au dispositif gouvernemental à partir du critère (6) de mise en évidence de la diffusion spatiale de l'épidémie. Dès janvier 2020, les chercheurs de l'EPIcx lab (Epidemics in complex environments), relevaient un risque important d'introduction et de diffusion du virus en Europe et en France. Mais, encore une fois ce n'est que plus tard que ce modèle a été intégré au dispositif de gestion de crise. Le modèle de l'INSERM (Pullano, Pinotti et al., 2020) a ainsi été sollicité à partir de la mi-mars, afin de suivre la dynamique d'importation et de progression du virus sur le territoire national, en utilisant notamment des données GPS (géolocalisation) d'Orange et des transports aériens (probablement ADP). Ce modèle dit « en réseau d'interactions » est semble-t-il au principe de la mise en place de la distanciation sociale et des normes de circulation des individus sur le territoire et à l'étranger. Il a servi de support pour rendre visible les dynamiques de contagion sur le



territoire national, notamment à travers la fameuse carte de l'épidémie qui référençait les départements les plus infectés selon un code couleur.

Mais comment se fait-il que ces deux modèles aient été intégré au dispositif de décision et de gestion de crise alors que d'autres équipes, notamment du CNRS, sont restées sur le banc de touche ? Il ressort des entretiens que nous avons menés un fait intéressant : deux acteurs stratégiques ont réussi à établir un canal de communication direct avec le pouvoir politique, à savoir Simon Cauchemez et Vittoria Colizza. Le premier, biostatisticien de formation, est un ancien postdoctorant de Neil Ferguson à l'Imperial College of London, qui a été recruté par l'Institut Pasteur en 2013 pour fonder l'Unité de modélisation des maladies infectieuses avec une petite équipe (13 personnes) – avant cela l'institut Pasteur ne disposait pas d'équipe de modélisation. Les liens avec Santé Publique France (SPF)<sup>4</sup> et cette équipe précèdent la crise de Covid-19, ce qui a sans doute permis d'établir un canal de communication privilégié avec le gouvernement (du moins avec le ministère de la santé et des solidarités duquel dépend SPF) ainsi qu'un accès prioritaire à des données de première main. Quant au second acteur stratégique, Vittoria Colizza, physicienne de formation, a d'abord travaillé sur la pandémie de grippe A H5N1 en 2009 en tant que titulaire d'une ERC avant d'être recrutée par l'INSERM en 2011. Elle dirige depuis 2017 l'EPIcx lab (Epidemics in complex environments) (10 personnes) et a développé des modèles sur la dynamique spatiale des épidémies (H5N1, etc.). Son partenariat avec SPF est également antérieur à la crise. Toutefois, il semble plus probable que c'est grâce à la publication du papier de janvier 2020 sur les risques d'importation du virus en France qui a placé son équipe en tête de liste.

Aussi, l'officialisation du rôle de ces deux équipes dans la décision publique ne signifie pas pour autant qu'elles se soient mises à l'écart des autres modélisateurs. Bien au contraire, il semble que ces deux acteurs stratégiques aient fédéré les différents acteurs de la modélisation lors de réunions hebdomadaires qu'ils organisaient tous les mardis durant la crise. Seulement, l'accès direct au pouvoir politique et aux données de première main est resté leur apanage. Même si d'autres modélisateurs, tels que Samuel Alizon, ont beaucoup communiqué dans les médias, le rôle stratégique dans la décision est resté celui de Cauchemez et Colizza, l'un mesurant la vague et son impact sur les services de soins intensifs et l'autre mesurant les dynamiques spatiales du virus sur le territoire national. D'une certaine manière, l'association de ces deux acteurs stratégiques au sein du dispositif de gestion de crise a rendu cohérent l'association *ad hoc* entre le Conseil scientifique, le réseau Sentinelle (appareillé à l'INSERM) et le gouvernement autour de ces deux modèles.

Cependant, il faut bien comprendre que la modélisation est un petit monde en France, qui a d'ailleurs trouvé dans la crise sanitaire une opportunité pour se structurer par des voies multiples. Ce petit monde n'est donc en aucun cas directement et exclusivement relié au pouvoir politique. Dans le cas de l'Institut Pasteur, de l'INSERM et du gouvernement, il s'agirait plutôt d'une association organisationnelle *ad hoc* pour ne pas dire « de circonstance ». A vrai dire, la modélisation épidémiologique était plutôt ignorée du pouvoir politique avant la crise et n'occupait qu'un rôle modeste dans la gamme des outils cognitifs des organisations de gestion de crise sanitaire. L'autonomie des modélisateurs, en dehors du cadre gouvernemental, en témoigne. Les modélisateurs se sont d'ailleurs organisés indépendamment du gouvernement à travers plusieurs

---

<sup>4</sup> Collaborateurs de SPF : Daniel Lévy-Bruhl, Yann Le Strat, Alexandra Mailles, Jean-Claude Désenclos, Patrick Rolland, Fanny Chéreau.

initiatives telles que ModCov19<sup>5</sup> de l'Institut national des sciences mathématiques du CNRS et CovPrehension. Ces dernières ont élaboré une veille scientifique indépendante, évaluant les articles publiés, les décisions et la pertinence des mesures sanitaires tout au long de la crise. Bien que ces chercheurs n'aient pu avoir accès qu'à des données de seconde main (ex : Géodes), leur implication dans l'objectivation de l'épidémie reste notable et atteste de leur autonomie scientifique.

Enfin, il serait exagéré de réduire l'expertise disponible au début de la crise à la modélisation épidémiologique. Il aurait tout à fait été possible pour les dirigeants, par exemple, d'évaluer les remontées de terrain des hospitaliers qui dans certaines régions sonnaient l'alarme dès le début du mois de mars, comme ce fut le cas dans le Haut-Rhin. Ou encore de considérer avec attention les remontées des EHPAD et le risque grandissant pour les personnes les plus vulnérables. Seulement, le pouvoir politique n'y prête qu'une faible attention à la faveur des premières expertises rassurantes de SPF et le scénario de la « grippette », puis « cataclysmique » de Cauchemez et Colizza. Comment s'est fait ce passage ? C'est précisément là où le Conseil Scientifique a joué un rôle clé en alignant les craintes des hospitaliers avec la prévision des modèles épidémiologiques. La vision synoptique et stratégique qu'a apporté la modélisation a permis, au sein du Conseil Scientifique un alignement raisonné entre les différentes approches biomédicales disponibles en hissant la modélisation à la tête des opérations.

On peut aussi faire l'hypothèse à cet égard que les canaux de communication vers les hautes sphères du pouvoir étaient sans doute plus difficiles à emprunter par certains acteurs de terrain que par les acteurs stratégiques de la modélisation par le simple fait d'une hiérarchisation de l'information : les uns étant émetteur, les autres étant récepteurs. Si on prend par exemple la structure du réseau Sentinelles, qui établit la collaboration nationale entre généralistes, pédiatres et chercheurs, on voit bien que la collecte des données de terrain n'est rendue cohérente qu'au niveau de la modélisation fournie par l'INSERM (équipe de Colizza). Aussi, en dernier lieu l'expertise sur les données de terrain revient au modélisateur et non au personnel qui collecte les données. Cette hiérarchie de l'information a sans doute contribué à l'ascension des modèles et à leur institutionnalisation de circonstance.

### **« *Stupeurs et tremblements* » : le cas Ferguson**

Mais, ce n'est pas seulement l'aspect théorique qui fait de la modélisation une expertise pertinente en situation de crise. C'est, aussi et surtout sa fonction de conseil pour les organisations. L'exemple de l'influence de Neil Ferguson sur la mise en place du confinement dans plusieurs pays d'Europe tient avant tout à une longue expérience pratique de modélisation et de retour d'expérience auprès du pouvoir. À ce propos, les acteurs stratégiques de la modélisation font, en règle générale, valoir la pertinence de leurs travaux antérieurs dans l'orientation ou l'évaluation des actions d'organismes nationaux ou internationaux tels que l'OMS. Concernant la crise de Covid-19, il convient de noter que la plupart des modélisateurs, ayant aiguillé les gouvernements, avaient déjà travaillé sur la grippe H5N1. Le plus connu d'entre eux, Ferguson a d'ailleurs été le premier à produire un modèle du H5N1 pour l'OMS – organisation auprès de laquelle ces

---

<sup>5</sup> <https://modcov19.math.cnrs.fr/>

travaux de modélisation mathématique sont reconnus et valorisés en particulier durant les périodes de forte incertitude comme le sont celles d'émergence d'un nouveau virus<sup>6</sup>.

Dans plusieurs publications (Ferguson et al., 2005 ; Longini et al., 2005) faisant le bilan de cette expérience acquise, Ferguson rappelle la difficulté de ce type de conseil : les décisions doivent être prises rapidement avant que des informations (virulence, contagiosité, étiologie etc.) ne soient disponibles. Il faut donc construire un modèle avec peu de données. Pour ainsi dire les modélisateurs ont la compétence d'anticiper les risques sur la base de résolutions d'équations – la forme *a priori* des épidémies étant toujours la même (cf. bases théoriques du modèle SIR ci-dessous). Le modélisateur propose ainsi des scénarios et des méthodes d'intervention à l'intention des décideurs politiques. Cette méthode d'anticipation convient en ce sens parfaitement aux situations d'urgence. Elle s'illustre par une approche descendante (top-down), menée par des experts, permettant d'apporter les réponses les plus ajustées à la situation et cela même si des problèmes de disponibilité ou d'accès à des données de terrain existent. Les modélisateurs proposent ainsi une représentation *a priori* de l'épidémie, à partir de laquelle le politique a la charge de prendre des décisions et de « communiquer les risques » au public (Leach et Scoones, 2013).

Un lien historique peut être faite. De février à la mi-mars 2020, l'incertitude sur la gravité, la transmissibilité et l'histoire naturelle du Covid-19 est proche de celle rencontrée lors de l'épidémie de H5N1. Certes le Covid-19 appartient à une famille de virus connus mais il est considéré d'emblée comme « nouveau ». Le cadre cognitif de la grippe s'avère donc obsolète. Les repères existants de gestion publique sont remis en cause (le modèle de SPF est désavoué). Pour autant, la modélisation mathématique a permis de combler ce vide en proposant, comme pour le H5N1, des scénarios de l'épidémie de Covid-19. Même si dans un premier temps on émet des doutes concernant la modélisation de Ferguson aussi bien France qu'au Royaume-Uni, justement à cause du précédent (H5N1), très vite le modèle réapparaît comme le moyen d'éviter l'effondrement du système hospitalier. Il y a quelque chose de l'ordre d'une expérimentation théorique de mise en récit d'une épidémie allié à la soutenabilité du système de santé qui réenclenche la légitimation et les savoir-faire des modélisateurs. Ces derniers ont ainsi été reconnus comme fiables car à même d'élaborer une représentation *a priori* des dynamiques d'une épidémie dans une incertitude quasi-totale. Comment sont construits ces scénarios ? N'y a-t-il pas pétition de principe à considérer la dynamique d'une épidémie sans preuves définitives concernant sa nature ?

Le modèle, utilisé par Ferguson pour étudier l'épidémie de H5N1, et repris en partie pour le Covid-19, peut nous éclairer à ce sujet. Ce modèle se fonde sur un compartimentage en SEIR (suspects, exposés, infectés, retirés). Il décrit ainsi la distribution du virus dans lesdits compartiments en évaluant de manière *a priori* le  $R_0$ , le temps d'incubation ou encore le temps de doublement de l'épidémie, et précise l'ensemble à partir de la distribution du virus selon des données géographiques et démographiques, telles que la taille des ménages ou encore les catégories d'âge de la population. Le modèle a pour objectif de définir les interventions non pharmaceutiques (NPIs) en identifiant les facteurs de transmission. Comment ces derniers sont-ils identifiés ? Le schéma de la transmission est pour le moins arbitraire, il se répartit en 3

---

<sup>6</sup> Contrôle (Ferguson et al., 2005 ; Longini et al., 2005). Tous deux ont affirmé que le "contrôle à la source", notamment par l'utilisation massive de médicaments antiviraux combinée à d'autres mesures de confinement, contribuerait à prévenir une épidémie mondiale. Le document de Ferguson et al. (2005), très souvent cité, a été largement utilisé comme base factuelle pour la réflexion politique, de l'OMS aux gouvernements nationaux.

catégories de lieux : (I) les foyers, (II) les écoles et les lieux de travail et (III) les contacts aléatoires dans la communauté. Pour ainsi dire, la description micro-comportementale (données locales sur les déplacements des populations) est encadrée par 3 macrostructures décrivant une progression *a priori* équivariante.

On peut supposer que cela conduit logiquement à devoir limiter les contacts au domicile, dans les écoles, les lieux de travail et plus généralement au sein de la société civile. On peut ainsi faire l'hypothèse que les conditions de stabilisation *a priori* du modèle conduisent à la mise en œuvre des mesures sanitaires correspondantes. Mais n'y a-t-il pas plusieurs scénarios d'intervention possibles ? Bien sûr. C'est d'ailleurs en cela que le modèle de Covid-19 de Ferguson se distingue de celui du H5N1 : (1) en ciblant précisément l'impact de l'épidémie sur les unités de soins intensifs et (2) en mesurant la puissance de limitation des différentes interventions non-pharmaceutiques (NPIs). À l'appui de ses hypothèses et paramètres *a priori*, Ferguson a donc proposé des scénarios limitant l'impact à court terme sur les unités de soins intensifs par la limitation des interactions sociales. Cette méthode diffère de ses travaux sur le H5N1, dans lesquels Ferguson défendait l'importance de traitements médicamenteux pour l'ensemble de la population situé dans un rayon de cinq kilomètres autour des premiers foyers d'infections, associé à une quarantaine et un contrôle strict des déplacements. Pourquoi l'intervention médicamenteuse a-t-elle été écartée ?

On peut considérer simplement que cette dernière a été abandonnée par l'absence de médicament efficace et disponible au début de la pandémie. En effet, le modèle du Covid-19 est antérieur aux essais cliniques, tels que ceux du programme Discovery qui ont conclu à l'efficacité (très) relative du remdesivir, et à l'inefficacité de lopinavir-ritonavir et de la (tristement) célèbre hydroxychloroquine. Ce qui diffère du cas du H5N1 pour lequel on disposait d'antiviraux efficaces. On comprend alors pourquoi, dans le cas du Covid-19, le script le plus ajusté à la situation épidémique est alors celui de l'implémentation d'interventions non pharmaceutiques empêchant la saturation des hôpitaux. Mais force est de constater que d'autres modèles étaient disponibles et n'ont pas été considéré comme pertinents, tels que celui utilisé en Suède qui ciblait la protection des personnes à risque et non pas la préservation des services de soins intensifs (Britton, 2020). Nous devons alors nous demander (a) si la forme abstraite du modèle ne présuppose pas le résultat de la décision des politiques publiques ou (b) si dans un sens inversé ce n'est pas la politique qui légitime un modèle en fonction des contraintes et intérêts avec lesquels elle doit composer.

En effet, la décision de politique publique n'est pas si simple. Dans une situation de crise épidémique, ce type de modèle n'a de sens que s'il est associé au maintien du fonctionnement de l'État et de sa structure. En France, le risque majeur de délitement/déraillement était celui d'un encombrement incontrôlable des services de soins intensifs, alors qu'en Suède ce risque était faible voire inexistant. Concernant le point (a), il faut avant tout prendre en compte le caractère pessimiste, voire anxigène, des prévisions de Ferguson. Les premières projections issues de la modélisation sur le Covid-19 estimaient jusqu'à 500 000 morts au Royaume-Uni et 2.2 millions aux États-Unis pour l'été 2020 – notamment du fait de la saturation rapide des systèmes hospitaliers. Ces chiffres se sont révélés infiniment supérieurs aux chiffres réels observés (environ 350 000 morts en 2020 aux États-Unis et environ 75 000 au Royaume-Uni). Toutefois, d'aucuns justifient ce décalage en considérant que c'est là une démonstration de l'efficacité de l'action mise

en place par les gouvernements à partir des modèles (confinement, fermeture des frontières etc.). Le pessimisme serait en cela plus stratégique que l'optimisme.

En ce qui concerne (2), rappelons que l'hospitalocentrisme qui assure la robustesse du système de santé publique français est aussi son talon d'Achille (Massé, 2007, Juven et al. 2020, Marrot, 2020) : pendant la crise de Covid-19, si l'hôpital craquait toute l'édifice de santé publique pouvait s'effondrer. En reprenant donc le critère de Ferguson, Cauchemez et son équipe de l'Institut Pasteur ont proposé aux dirigeants un modèle correspondant aux attentes de l'État pour la gestion de cette crise. Ce modèle est ainsi devenu la « clef de voute » des savoirs mobilisés par le Conseil scientifique – au sens où c'est à partir des modélisations que se sont mutualisées les connaissances et activées les actions nécessaires pour empêcher une saturation rapide des services hospitaliers. Peut-on alors parler de « main basse » sur l'expertise en temps de crise ? Peut-être pas. Il s'agit en tout cas d'une rencontre fortuite *ad hoc* entre une crainte politique et une expertise scientifique au niveau de la stratégie. Pour ce qui est de la mise en œuvre les forces de l'ordre savent faire respecter un couvre-feu et par extension un confinement en s'appuyant sur des routines administratives.

On peut supposer que cette centralité des savoirs de la modélisation dans l'expertise légitime en temps d'urgence épidémique, résulte de la suspension des expertises menées par d'autres acteurs bureaucratiques ou scientifiques – mais des travaux montrent que les administrations ont continué à fonctionner (Borraz, réf.). Nous faisons donc l'hypothèse que la modélisation conduit plutôt à aligner la pertinence des expertises mobilisables sur les objectifs assignés par ces mêmes modèles. Si d'autres données et savoirs participent à renseigner l'expertise publique sur l'épidémie en cours, ils le sont d'autant plus qu'ils doivent permettre de mieux comprendre comment le virus se comporte, sa cinétique, ses propriétés, son taux de reproduction, sa mortalité. Ces connaissances s'inscrivent bien sûr dans des champs disciplinaires distincts de la modélisation, pour autant ils sont également intégrés dans la modélisation afin d'affiner les scénarios envisageables et soutenir l'objectif de non-saturation hospitalière.

Ce faisant, la modélisation devient le principal outil de réduction de l'incertitude en embarquant les autres savoirs dans le scénario qu'elle a envisagée : la saturation rapide du système hospitalier et ses conséquences en termes de décès. La modélisation présente donc l'avantage de combiner dans un même récit – une dynamique virale renseignée par des savoirs multiples, un objectif d'action publique et des modes de gestion de la population. Grâce à ce type d'expertise, tout le monde se trouve dans « le même bateau » et les modélisateurs se trouvent en position d'être « porte-parole » non seulement du virus (la nature) mais également de la population (la culture) tout en proposant des solutions pour la crise (le politique). On comprend dès lors combien les approches plus ancrées dans les sciences sociales ou partageant des épistémologies situées, qualitatives fondées sur l'observation et la remontée ex-post de données sur des « portions » de territoires peuvent, comparativement aux savoirs issus de la modélisation, sembler subsidiaires.

### ***Peut-on parler alors d'un usage anxiolytique de la modélisation ?***

En tous les cas, le recours à la modélisation permet dans une situation de forte incertitude d'envisager des scénarios pour le futur et ainsi de reprendre la main sur le cours de l'épidémie en élaborant un récit pour le futur. Ce dernier redevient alors possible grâce aux solutions qui, proposées par les modèles, permettent de réduire l'incertitude et une reprise de contrôle en

adéquation avec les objectifs du gouvernement : gérer la crise hospitalière pour protéger la population. En proposant une nouvelle réalité sur laquelle, il est possible d'agir – le recours au modèle, avec son lot de pessimisme, s'avère paradoxalement anxiolytique au sens où il permet de lever l'angoisse suscitée par une épidémie virale nouvelle sur laquelle très peu de données sont disponibles.

L'expertise sur le Covid-19 était à construire, puisque l'épidémie échappait aux cadres existants. Tout se passe alors comme si la modélisation avait offert une sortie satisfaisante à cette impasse en substituant à une réalité inconnue et incertaine, un réel maîtrisable par le biais du calcul mathématique offrant par ses projections une maîtrise possible sur le futur (Sismondo, 1999). Les modélisateurs garantissent aux pouvoirs publics qu'il est possible d'agir sur ces projections en fonction de scénarios d'action et des objectifs à atteindre ; à savoir parvenir à cantonner l'épidémie (réduire la circulation virale) pour éviter la saturation des services hospitaliers. Grâce à la modélisation, c'est une nouvelle réalité qui advient, une réalité sur laquelle il serait possible d'agir mais qu'il est également possible de décrire et de mettre en récit. Les métaphores et les concepts de la modélisation vont d'ailleurs largement équiper la mise en récit de cette réalité alternative où les mots se dotent de significations nouvelles. Lorsque l'on se réfère à la « population », il ne s'agit plus d'envisager celle-ci dans ses différentes composantes sociales, économiques, ethniques ou culturelles, ni dans la pluralité de ses identités genrées et politiques ou de ses individualités subjectives mais bien comme un « tout ».

Un « tout » qui n'est pas une assemblée pouvant faire plus ou moins « société » mais un « tout » désincarné au sens d'agrégat d'individus caractérisés par des variables élémentaires sur lequel il est possible d'agir afin de réduire la circulation virale. Les inégalités comme la conflictualité du monde social se trouvent ainsi occultées pour être remplacées par un « tout » faiblement différencié servant de référence et de moyen de lutte contre l'épidémie. C'est donc ici la dynamique virtuelle du virus qui fait la population, au sens où ce qui permet de la caractériser repose sur quelques variables pour décrire et anticiper la situation de crise. La modélisation fournit ainsi une nouvelle terminologie, des mots non seulement pour décrire le monde mais aussi agir et fixer des objectifs. Il ne s'est pas passé un jour sans qu'un ministre, un élu ou un expert plus ou moins médiatique (autorisé) ne commente les oscillations des « vagues » successives ou ne fasse état d'un nouvel effort pour "aplatir la courbe" ou évoquer la dernière valeur du "nombre R". Ainsi, le vocabulaire de la modélisation est rapidement devenu le sens commun des discours politiques et médiatiques sur l'épidémie et sa gestion.

## **Partie II : Qu'est-ce qu'un modèle et comment celui-ci représente-t-il la population ?**

C'est quoi un modèle ? Comment ça marche ? Prenons tout d'abord une analogie simple. Lorsqu'on fait par exemple en architecture un modèle réduit d'un immeuble, on préserve toute la complexité géométrique de la structure et on simplifie les éléments constituant la maquette. C'est la même chose pour le modèle d'une épidémie, on préserve le schéma des forces de contagions et on simplifie le constituant social, psychologique et même économique de la population. Pour ainsi dire, la modélisation est exhaustive dans la description physique d'ensemble et épurée dans la reproduction des détails sociétaux. C'est là toute la subtilité de la modélisation, qui se trouve prise dans une double relation virtuelle par rapport aux faits, à la fois déductive

(modèle→situation) et inductive (modèle←situation). Le modélisateur doit en ce sens « bricoler » des compartiments abstraits pour faire apparaître au mieux une dynamique physique de contagion au sein de la population.

Il faut bien évidemment confronter le modèle à l'expérience pour le rendre adéquat. Mais, pour un modèle épidémiologique, ce qui compte avant tout, c'est de parvenir à décrire avec précision les dynamiques du virus sans tomber dans une complexification excessive des catégories de population. Le modélisateur tend de fait à éviter le « fléau de la dimension » de Bellman (1961) qui stipule que lorsque le nombre de compartiments augmente trop, l'espace d'un modèle s'accroît de sorte qu'il en vient à isoler les données, ce qui compromet une mise en corrélation satisfaisante. Comme l'écrivait à ce propos le modélisateur Jean-Marie Legay : « Il est clair que l'expérience pourrait parfois nous conduire à un niveau très complexe, mais dont on ne pourrait traiter mathématiquement les données (...) Un système à compartiments, pour une même situation, sera d'autant plus simple qu'il y aura moins de compartiments et que ceux-ci seront plus globaux ; chaque compartiment recouvre alors une réalité plus complexe dont on utilise que le bilan » (Legay et Lebreton, 1973, p. 65).

Ainsi, l'objectif de la modélisation épidémiologique est de décrire un processus de contagion d'une population tendant à s'équilibrer dans le temps. Historiquement cela provient de l'introduction de la loi d'action de masse<sup>7</sup> en épidémiologie qui permet de mesurer le processus de stabilisation du virus à partir du produit de la densité de chaque compartiment d'individus en interaction (Heesterbeek, 2005). Cette loi, issue de la chimie, a permis de modéliser la progression temporelle d'une épidémie à partir des taux constants d'infection et de rémission reliant les compartiments. Aussi, lorsqu'en 1927 apparaît la formalisation du modèle de Mckendrick et Kermack, la loi d'action de masse y est d'ores et déjà intégrée. Avec elle l'idée qu'à un moment ou une autre l'épidémie s'arrêtera, ou du moins se stabilisera, prend forme dans leur modèle déterministe.

Mais postuler cela conduit à ajuster des données sous l'égide d'une loi potentiellement étrangère à l'étiologie et à l'évolution du virus. La question est donc de savoir où on place l'équilibre. Car, « l'un des problèmes les plus importants en épidémiologie est de vérifier (...) si l'interaction des divers facteurs d'infection, de rétablissement et de mortalité peut entraîner une interruption, alors que de nombreux individus infectés sont toujours présents dans une population » (Mckendrick et Kermack, 1927, p.701). La stabilisation de la population va ainsi dépendre de la nature même du virus et de l'interaction écosystémique qu'elle entretient avec l'environnement sociétal. Aussi convient-il de rester prudent concernant le postulat de l'équilibre lorsque celui-ci est restreint à une description « minimaliste » de facteurs de propagation.

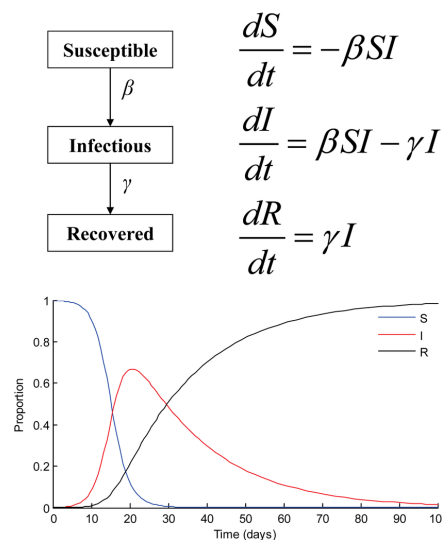
### **Base théorique de la modélisation épidémiologique**

La forme générale *a priori* desdits modèles prend sa source dans la résolution abstraite d'équations différentielles en SIR :  $dS/dt = -\beta SI$  ;  $dI/dt = \beta SI - \gamma I$  ;  $dR/dt = \gamma I$ . Dans cette formulation, les

---

<sup>7</sup> La loi de l'action de masse, inventée par Guldberg et Waage en 1867 (Guldberg et Waage, 1867), a permis une compréhension quantitative de l'équilibre chimique. Elle stipule que les réactions chimiques se produisent simultanément en tant que réactions directes et inverses ( $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$  où A, B, C et D représentent différentes espèces chimiques et a, b, c et d représentent leurs coefficients stœchiométriques respectifs). À l'équilibre, les vitesses de la réaction directe et de la réaction inverse sont égales.

dérivées de  $S$  (suspect),  $I$  (infecté) et  $R$  (retiré) décrivent l'évolution de l'épidémie dans le temps. Puisque  $SI$  représente le contact entre les individus suspects et infectés et que  $\beta$  représente le taux de transmission (le taux d'individus suspects devenant infectés), la progression  $-\beta SI$  est utilisée pour définir la dérivée des individus suspects dans le temps  $dS/dt$ . Puisque  $\gamma$  est le taux de retrait des individus infectés, il existe une progression  $\gamma I$  des individus éliminés que nous soustrayons des individus infectés pour connaître la dérivée des individus infectés  $dI/dt$ .



Au début d'une épidémie (sans dynamique démographique), nous avons, au sein de la population complète  $N = S + I + R$ , une relation entre  $S(0) = S_0$ ,  $I(0) = I_0 > 0$  et  $R(0) = 0$ . En effet, comme  $N$  est constant, pour un grand nombre  $N$ , l'épidémie commence avec l'approximation  $S(0) \approx N$  (tous les individus ou presque sont suspects) et la croissance exponentielle  $I(t) \approx e^{(\beta-\gamma)t} I_0$ . Pour décrire la dynamique de la propagation dans une telle population, le modèle SIR est basé sur l'hypothèse que l'épidémie se terminera tôt ou tard. En d'autres termes, la fin de l'épidémie apparaît à travers la limite de la fonction  $I(t)$  lorsque  $(t)$  tend vers l'infini. Ainsi, la quantité  $\beta/\gamma$  indique le nombre de reproduction de base (le nombre de cas secondaires qu'un infecté contamine soit le  $R_0$ ) et  $1/\gamma$  représente la durée moyenne de la période infectieuse. Si  $\beta/\gamma > 1$  l'épidémie se s'amplifie dans la population  $N$ , inversement proportionnelle si  $\beta/\gamma < 1$  l'épidémie tend à disparaître dans  $N$ . Dans le cas d'une épidémie on a  $R_0 > 1$  et  $I(t)$  qui croît, atteint son maximum puis décroît jusqu'à 0 lorsque  $t \rightarrow +\infty$ . Au contraire, si  $R_0 < 1$  et que  $I(t)$  diminue directement jusqu'à 0, on peut dire qu'il n'y a pas d'épidémie dans la population  $N$ .

En fonction de l'étiologie, on peut faire varier la structure des compartiments du modèle. Pour les maladies sans immunité, on utilise un modèle SI ou SIS et pour les maladies avec une immunité limitée, on utilise généralement un modèle SIRS. Une variable  $E$  (exposé) peut également être ajoutée pour les individus latents, tels que les individus asymptomatiques et temporairement non-contagieux dans un modèle SEIR. Par exemple, dans un modèle SEIR, le temps d'incubation peut être pris en compte par la variable  $E$  et le taux d'incubation  $\alpha$  dans les équations différentielles  $dE/dt = \beta SI - \alpha E$  et  $dI/dt = \alpha E - \gamma I$ . Ainsi, différents modèles épidémiologiques peuvent être établis



en fonction des hypothèses que l'on fait sur la maladie infectieuse en question : SI, SIR, SIRS, SIS, SEI, SEIR, SEIRS, etc.

En ce qui concerne la pandémie de Covid-19, le présupposé déterministe des constantes d'équilibre du modèle de l'Institut Pasteur a fait l'objet de critiques diverses. Vincent Pavan, maître de conférences de l'Université Aix-Marseille spécialiste de la physique mathématique appliquée à la cinétique des gaz, a attaqué le modèle en montrant que la régression symétrique de la courbe exponentielle était une fiction visant à défendre la politique du confinement. Il en est venu à défendre une vision conspirationniste en déclarant que les modélisateurs de Pasteur avaient volontairement truqué la courbe pour défendre les intérêts du pouvoir politique (Pavan, 2020). Pour le polytechnicien François Xavier Martin la visée d'équilibre du modèle de Pasteur relevait quant à elle du péché originel de la modélisation, ce qu'il nomme « l'erreur de 1927 ». Seulement, « en 1927 n'existaient ni ordinateurs ni solveurs informatiques » (Martin, 2021). Ce manque technologique avait conduit Mckendrick et Kermack à définir « des versions simplifiées des équations générales, vraisemblablement dans l'espoir (vain) de pouvoir trouver une manière d'exprimer S, I et R sous forme de fonctions analytiques du temps ». Cédric Villani a, quant à lui, proposé à ce sujet, dans sa note parlementaire du 30 avril 2020, « de discrétiser le modèle, c'est-à-dire de faire avancer le modèle étape par étape, de façon à pouvoir incorporer un effet mémoire » (Villani, 2020). Ce qui permet de problématiser autrement l'équilibre du système avec des chaînes de Markov et de prendre appui sur des données de terrain.

Mais est-ce pour autant que le postulat de l'équilibre a été modifié ? Absolument pas. Car, en modélisation, il faut oser imaginer une fin ou du moins une stabilisation de l'épidémie. C'est là que se joue ce qu'on pourrait caractériser en tant que méthode de scénarisation de l'épidémie. Aussi, le perfectionnement des modèles tient en général à un couplage de la forme déterministe, présupposant un équilibre à venir dans la population compartimentée avec des sous-modèles individu-centrés capables de préciser ou de discrétiser les variations de la contagion et de la rémission au niveau des interactions sociales. En ce sens, la forme générale du modèle reste inchangée mais les taux d'infection et de rémission sont précisés au moyen d'une approche probabilitaire (stochastique). C'est à l'interface de ces deux échelles que se constitue la représentation des populations.

### **Une conception physicaliste minimale de la population**

Si on prend, par exemple, le modèle CovidSim de Ferguson et son équipe (Ferguson et al., 2020), on est face à un modèle SEIR qui est ajusté par une approche individu-centrée (Hales, 2020, p.7.). La description du modèle propose donc deux niveaux d'analyse de la population : (1) au niveau macroscopique, il intègre aux compartiments SEIR (suspectés, exposés, infectés, retirés) une équilibration stochastique au moyen d'une force communautaire (*community force*) ; (2) au niveau micro, appelé individu-centré, l'équilibre émerge de l'interaction des agents de la simulation au domicile, à l'école, au travail et au sein de la société selon une force d'infection (*infectivity force*). Encore une fois, l'intérêt principal du modèle est de mettre en évidence comment inverser la dynamique des forces contagieuses par divers scénarios impliquant des mesures sanitaires NPIs (*non-pharmaceutical interventions*) pour éviter l'engorgement des services de soin intensif.

Ainsi, la modélisation individu-centrée, qui se rapproche des travaux d'Axelrod sur le comportement coopératif, suppose la poursuite d'un équilibre stable entre les individus

appliquant les mesures sanitaires (Axelrod, 1996). Au fond, le présupposé comportemental, intégré dans le modèle prolonge le paradoxe de Le Dantec, qui « consiste à trouver un moyen certain de gagner au jeu en regardant comme certain un retour à l'équilibre qui est seulement de plus en plus probable à mesure que le nombre de parties devient plus grand » (Borel, 1948, p.35). Les probabilités de l'équilibre demandent donc de s'intéresser aux critères permettant la stabilisation de la population qui est variable d'un modèle à un autre. Les populations constituent les variables d'une force d'infection que le modélisateur va préciser au faire et à mesure des données disponibles. Par exemple, dès lors qu'on identifie la vulnérabilité des séniors, à travers les données de mortalité, et la forte contagiosité des jeunes à partir du dépistage, ces deux catégories d'âge deviennent des variables essentielles qui vont impacter la représentation virtuelle de la population. Le modèle est actualisé par les données et actualise la représentation des populations.

Ainsi, au même titre que le numérique génère des *digital twins* (Grieves, 2014), on pourrait dire qu'au cours de la crise de Covid-19, la modélisation épidémiologique a généré des *viral twins* : ces doubles virtuels des éléments qui ont permis de décrire la dynamique de l'épidémie et de justifier les règles sanitaires adoptés. Ce duplicata virtuel des variables impactant la force d'infection des individus a permis de donner au pouvoir politique une représentation simplifiée de la population permettant un contrôle efficace. Mais aussi de donner à la population une vision de soi-même en interaction dans le monde (Opitz, 2017). En effet, le couplage de la modélisation au dispositif politique et technologique de l'État est devenu le motif d'un contrôle optimal s'élaborant selon deux règles qui ont directement impacté la représentation du social : (1) la contrôlabilité de la vague épidémique selon un ensemble d'interventions non-pharmaceutiques (*non-pharmaceutical interventions*) à même de limiter l'impact sur les services de soins intensifs ; et (2) la mesure politique du coût minimal humain, social ou économique permettant d'atteindre l'équilibre (confinement, vaccination, couvre-feu, télétravail etc.).

On peut supposer qu'un changement dans la représentation de la population conduit à un changement dans la stratégie mais aussi dans les conduites. En effet, il semble que durant la première phase de la crise la règle (1) a primé sur la règle (2), ce qui explique la position des modèles épidémiologiques à la tête des opérations. Alors qu'avec l'arrivée des vaccins, ce sont davantage des modèles logistiques et les outils informatiques des cabinets de conseil privés qui ont guidé le politique. On est ainsi passé d'une vision physique du contrôle optimal, limitant les déplacements, à une vision comportementale du contrôle régulant les conduites. On peut en effet considérer que le modèle de McKinsey, pour le suivi des livraisons et des injections des vaccins Pfizer et Moderna du système d'information « vaccination covid » (VAC-SI), a été un élément crucial pour la mise en place de la vaccination. De même que le passe-sanitaire élaboré par le cabinet Accenture<sup>8</sup> a conduit à changer la stratégie de gestion de la crise en utilisant la contrainte volontaire du choix social ; ce qui a aussi bien impacté la représentation des décideurs que celle des populations.

### **Le paradoxe des modèles**

Pour ainsi dire le modèle conditionne une extension virtuelle sur ses objets, c'est-à-dire, la population. Aussi, le concept de modèle, comme celui d'ensemble mathématique, prédétermine l'extension des compartiments (suspect, infectés, retiré) sur les éléments (individus) à décrire. La

---

<sup>8</sup> Accenture a eu la charge du système d'information des données de vaccination

structure *a priori* définit les relations entre les compartiments en fonction des hypothèses que l'on se donne (Legay : 1997). Alain Badiou propose à ce sujet une analogie mathématique intéressante entre modèles et ensembles : « La construction du concept de modèle est étroitement dépendante dans toutes ses étapes successives, de la théorie (mathématique) des ensembles » (Badiou, 1970, p.52). Aussi, comme pour les ensembles, il n'est pas absolument nécessaire de recourir à l'expérience pour concevoir l'extension du modèle sur ses objets. Du moins en ce qui concerne la part de prédiction des modèles. Pour ce qui est des modèles rétrospectifs, l'expérience est cruciale. C'est en un sens la part prédictive, ou du moins de projection du modèle, qui s'apparente à la théorie des ensembles. Car, dans les deux cas, on suppose « qu'on peut aller sans inconvénient du concept à l'existence, puisque l'extension d'un concept met en jeu les objets qui tombent sous ce concept » (Badiou, 1990, p.31).

En élaborant ainsi une résolution *a priori* des équations différentielles, le modèle permet de circonscrire les relations entre les éléments qu'il contient et, dans le cas d'une épidémie, parvenir à réduire les variables clés de la contagion. Durant la crise de Covid-19, les modèles épidémiologiques ont ainsi offert aux politiques publiques une représentation cohérente de la population à partir d'une représentation résolue de l'épidémie dans laquelle les interactions de nos *viral twins* rendaient visibles les comportements à éviter afin de préserver les services de soins intensifs. En ce sens l'identification des mécanismes d'action de masse de nos *viral twins* a permis de spécifier les vecteurs à cibler dans le milieu viral. La force de ces modèles a été d'offrir au gouvernement une vision à la fois descriptive, prédictive et prescriptive au principe de la gouvernance sanitaire.

Mais, il est intéressant de voir que l'impact de cette représentation sur le choix des mesures et le comportement des populations – et donc sur la dynamique du virus – ne peut pas être évalué par le modèle épidémiologique lui-même. Car, les compartiments doivent nécessairement satisfaire à une exigence de « bilan » transitoire, conduisant au réductionnisme. La compréhension de la dynamique des épidémies et de l'adéquation des mesures de contrôle est donc intrinsèquement dépendante de la dynamique décrite par le modèle qui la représente sans pour autant parvenir à s'expliquer par elle-même. De sorte qu'à aucun moment le modèle ne peut expliquer son impact sur les décisions et les conduites des *viral twins*. Ce que pourtant certains modélisateurs ont fait sur la base d'une abstraction qui ne dit rien de la réalité sociale et du retour social des mesures. Au fond, l'impact du modèle sur la population ne peut pas être intégré dans le modèle. C'est là une contradiction logique qui néanmoins pose le problème de savoir comment interroger l'impact des modèles sur les conduites et en dernière instance sur la dynamique du virus.

Comme chaque compartiment se révèle être un ensemble qui ne se contient pas lui-même (ex : l'ensemble des « suspects » n'est pas lui-même un « suspect »), le modèle en tant qu'ensemble de tous les ensembles qui ne se contiennent pas eux-mêmes, en même temps, se contient lui-même et ne se contient pas lui-même (paradoxe des ensembles). Pour le dire autrement, le modèle (ou du moins son impact social) ne peut pas s'expliquer dans le modèle sans entrer dans une contradiction logique. De sorte que le modèle ne peut pas considérer son impact sur le comportement des populations. Alors que force est de constater que cet impact cognitif et comportemental est réel et majeur. Il détermine sans nul doute l'issue de l'épidémie et l'équilibre à venir, le modèle en tant qu'élément cognitif et comportemental ne peut pas être évalué par lui-même.

Mais, alors comment expliquer par-delà le modèle comment la représentation de la population qu'il véhicule impacte la décision politique et la conduite sociale ? Qu'est-ce qui fait que le modèle impacte le comportement des décideurs et des populations ? Pour comprendre cela, il faut nécessairement sortir du cadre de représentation des modèles et interroger ces derniers à partir des sciences sociales (Rhodes et al., 2020). Aussi, dans la suite de cet article nous interrogerons l'impact organisationnel des modèles. Au fond, comment le modèle s'aligne-t-il avec la conduite des organisations et des décideurs ?

### **Partie III : L'alignement des modèles et des politiques publiques**

Pour comprendre la portée cognitive de la modélisation (Giere, 1988), on peut tout d'abord convoquer la littérature sociologique et épistémologique sur la quantification, qui n'a eu de cesse de montrer que les arguments et expertises les plus convaincants sont les nombres (Porter, 1996 ; Dérosières 1993 ; Hacking 1990). En ce sens, c'est bien la capacité à fournir des représentations chiffrées qui fait autorité. Ainsi décrire quelque chose avec des nombres et des formes graphiques, c'est énoncer une proposition formelle qui vise à éclairer un problème pratique à partir d'une correspondance entre des données recueillies et le monde réel. Or dans le cas de la modélisation mathématique utilisée au début de la crise de Covid-19 pour renseigner l'action politique, la correspondance avec le monde réel est pour le moins tenue puisque les modèles se sont constitués en l'absence de certitudes étiologiques et sociales. Est-ce que, dans un premier temps au moins, l'impossibilité de tester dans le monde réel les projections proposées ont assuré le succès des modèles dans les pôles de décision ? Ou bien est-ce l'effet d'une imitation internationale ?

Depuis plusieurs années, les modèles circulent et s'imposent dans les différents pôles de décision à l'échelle mondiale. Depuis le Global Malaria Eradication Program (1955-1969), et son usage délétère du DDT pour lutter contre le paludisme, les modèles guident les stratégies de gestion des crises épidémiques (Maude et al. 2010) Ils orientent ainsi l'action dans des environnements divers sur des enjeux complexes (Leach et Scones, 2013) alors même que les données manquent et que les systèmes d'information sont décentralisés<sup>9</sup>. En matière de santé, l'OMS utilise des modèles auxquels la majorité des gouvernements (occidentaux) se réfèrent – ce fut le cas du modèle de Ferguson pour le Covid-19. Même si cela conduit à un décalage entre le modèle et le contexte (Rhodes, Lancaster et al. 2020), il n'en reste pas moins que ce partage global de la modélisation présente l'avantage de pouvoir agir politiquement et conformément à une certaine cohérence internationale.

Mais, paradoxalement, alors que tous les pays utilisent des modèles épidémiologiques pour définir les réponses les plus adéquates à apporter à la crise sanitaire, aucune mise en commun n'a été mise en œuvre pour évaluer les modèles. Plus étrange encore, certaines équipes de modélisation ne rendent pas les codes de leur modèle accessibles, ce qui est le cas des modèles de l'Institut Pasteur et de l'INSERM. Mais il y a un dénominateur commun au milieu de toutes les différences : la modélisation est rapidement devenue le garant scientifique des politiques publiques quelque soient les stratégies employées telles que le *zero covid*, le *stop and go* ou encore l'immunité collective. Elle a, pour ainsi dire, participé à garantir la scientificité des mesures

---

<sup>9</sup> Or cette circulation tend à verrouiller le rapport au « réel » en fabriquant une autre « réalité numérique » à partir de laquelle des scénarios peuvent être élaborés.

sanitaires sans qu'aucune évaluation externe ne puisse être élaborée. L'appel du physicien Tim Palmer suggérant la fondation d'un groupe d'experts international à même d'évaluer les modèles et les décisions des politiques publiques pour aider à la gestion de la crise, tel que le fait le GIEC sur la question environnementale, est restée lettre morte (Adam, 2020).

Aussi, l'évaluation des modèles est-elle possible ? Cela semble compromis, tout d'abord parce qu'aucune prédiction ne se réalisera jamais – on tend toujours à éviter le pire. De plus, bien que les propriétés formelles des modèles soient en quelque sorte universelles, le paramétrage et le calibrage reste l'apanage exclusif du modélisateur – si ce dernier ne divulgue pas les codes une évaluation complète par les pairs est rendue impossible. Enfin, il y a un aspect autoréférentiel du modèle qui à la fois se justifie par son intégration au politique et en même temps justifie les mesures prises par le politique. Ces modèles paraîtront alors d'autant plus « crédibles » qu'ils circuleront dans les espaces de décisions et que leurs scénarios seront alignés sur les politiques publiques. Reste donc la question de savoir comment discriminer entre la plausibilité du modèle et sa « désirabilité » au sens où les différents scénarios rencontrent effectivement les préoccupations/les attentes des acteurs qui sont en position ou qui sont jugés les plus légitimes pour lutter contre l'épidémie.

### **L'alignement politique des modèles**

Lors de l'épidémie de Covid-19, les autorités politiques n'ont eu de cesse de rappeler que leurs décisions étaient fondées sur la science. Chaque gouvernement a pu ainsi aligner les décisions avec les représentations des modèles. Mais cet alignement est-il à l'initiative des décideurs publics ou bien des experts ? En règle générale, le politique délègue à la science les savoirs qui légitiment son action. Les experts sont ainsi, par délégation, les propriétaires des savoirs légitimes dans une situation de crise et de forte incertitude (Petersen, 2000). Or ce qui est marquant, c'est la façon dont les modélisateurs ont pu et su incarner, presque à eux seuls, la science dans les premiers mois de l'épidémie. Et ce, alors même que les sciences biomédicales n'avaient pas de réponses sérieuses à proposer sur les mécanismes de la contagion. L'apanage des modélisateurs illustre-t-il une structuration ascendante du savoir scientifique à même de guider les politiques publiques ?

C'est ici qu'il faut s'interroger sur l'alignement des intérêts des modélisateurs avec d'autres acteurs participant directement à la décision publique. Dans le cas français, on peut tout d'abord faire l'hypothèse d'un alignement opportun entre les hospitaliers et le modèle de l'Institut Pasteur au sein du Conseil scientifique : (1) les hospitaliers ont joué un rôle important de « lanceurs d'alerte » dans la mesure où dès la fin février 2020, plusieurs responsables hospitaliers font publiquement savoir qu'ils sont confrontés à des situations très difficiles avec une possible saturation des services dont ceux de réanimation. Or (2) la modélisation offre un récit de l'épidémie qui permet justement de répondre à cette inquiétude en proposant des mesures de santé publique permettant d'éviter cette saturation et donc la continuité de l'activité hospitalière dans la lutte contre le Covid-19. Il y a donc une forme d'alignement des intérêts entre les modélisateurs en tant que professionnels jusqu'ici marginalisés dans le champ de l'expertise en santé publique et les hospitalo-universitaires qui sont des acteurs structurellement dominants de l'expertise en santé.

Or la parole de ces hospitaliers compte d'autant plus qu'ils sont en première ligne en accueillant les personnes malades (le 11 mars 2020 sur les 12 membres nommés comme « expert » dans le Conseil Scientifique on compte 7 PU-PH ou ancien PU-PH dont son président). Est-ce une

alliance fortuite entre responsables hospitaliers et modélisateurs ? Pas sûr, on peut aussi y voir un rapprochement électif encouragé par une conjoncture favorisant ses affinités tout en s'inscrivant dans une transformation de l'épidémiologie et de la montée en puissance de nouvelles façons de concevoir les maladies infectieuses et les malades. Depuis plusieurs années, ce sont par exemple, les approches interdisciplinaires et intégratives qui prennent en compte à la fois les dimensions humaine, animale et écosystémique, souvent appelées "One Health", qui bénéficient d'un soutien croissant dans le monde scientifique et médical. Cette alliance correspond parfaitement à la diversité de la modélisation épidémiologique qui travaille aussi bien sur les infections humaines qu'animales, mais aussi sur les mécanismes de diffusion en milieux urbains et naturels. La modélisation épidémiologique propose une vision synoptique, voire écosystémique, qui s'aligne parfaitement avec ce tournant « modélisateur » des sciences biomédicales.

Le soutien de plusieurs membres du Conseil scientifique à ce type d'approche est d'ailleurs rendu publique dans un avis rendu de 8 février 2022, intitulé : « One Health : une seule santé. Santé humaine, animale et environnement : les leçons de la crise. ». L'idée est alors non seulement de prendre fait et cause pour ce concept mais aussi de proposer des pistes pour améliorer son implantation dans les circuits décisionnelles des administrations françaises « en vue d'être mieux préparé aux futures émergences infectieuses ». Dans un retour évaluatif à chaud sur les dysfonctionnements repérés lors de la crise du Covid, l'objectif est alors de « renforcer l'interaction entre science et décision » par la création d'une plateforme ou d'une gouvernance interministérielle « One health » transcendant les découpages administratifs classiques considérés comme des blocages en s'appuyant notamment sur des moyens renforcés de surveillance de la santé des populations humaines comme animales. On soulignera tout le paradoxe de formuler des solutions visant à simplifier la complexifié en rajoutant des dispositifs publics supplémentaires (Bergeron, et al. 2020).

Mais ce tropisme rationnel est également partagé du côté de la décision publique. C'est là sans doute que se joue l'alignement avec le gouvernement. On en retrouve des formes proches dans les programmes d'évaluations des politiques publiques mises en œuvre pour des interventions complexes dans des environnements complexes. Les systèmes adaptatifs complexes font ainsi partie d'un "virage" vers la complexité et la pensée systémique dans les sciences sociales et appliquées, qui sont de plus en plus présentes dans l'évaluation des programmes et des politiques complexes (Petersen, 2000 ; Muller 2005 ; Pawson, 2021, Boullier et al. 2021)<sup>10</sup>. Quoi de plus cohérent donc que de recourir à la vision synoptique de la modélisation pour circonscrire cette complexité et favoriser une approche d'ensemble. Pour le politique l'intérêt est bien de pouvoir justifier les décisions prises par la science et les experts avec la possibilité de se défausser sur ces mêmes experts en cas d'échec.

Ainsi, l'ajustement du modèle selon les apports de l'étiologie et des données est doublement complexifié par les enjeux du contrôle des politiques publiques. C'est là précisément que se situe le point d'alignement avec la gouvernementalité. Cet alignement appose pour ainsi dire une seconde nature politique à la virtualité du modèle épidémiologique. L'événement épidémique

---

<sup>10</sup> Dans le domaine des politiques de prévention des risques, c'est par exemple le cas de l'approche probabiliste, quant à elle simule, des scénarios comprenant des enchaînements d'événements, dont elle mesure les probabilités afin de tester la robustesse des installations face à l'aléa (Berkowitz, 2013). C'est aussi le cas des politiques territoriales impliquant la coordination d'acteurs multi-niveaux dans des environnements de plus en plus complexe (Bozio, 2014 ; Gand et Periac, 2018)

devient alors politique. Les scénarios de sortie de crise et les mesures sanitaires, s'élaborent ainsi avec la garantie de la scientificité du modèle et sa vision d'ensemble. La sélection d'un modèle « officiel » introduit un processus d'objectivation collectif de l'épidémie qui va s'étendre et simplifier toute la complexité du phénomène pandémique. De plus, on peut considérer une certaine forme de renforcement comportemental. Plus le modèle est sollicité, plus sa vision devient une nouvelle réalité. « Plus un modèle a rendu services, plus il a marqué son temps, plus il a fini par devenir une seconde nature » (Legay, 1997, p. 56). La représentation officielle de l'épidémie, dans la confluence descriptive du modèle et l'assignation prescriptive des normes, dénature, en un sens, l'épidémie au point de ne voir que ce que l'on montre.

Seulement, la disruption politique est pleine de surprise. Le déplacement stratégique opéré par le gouvernement des modèles épidémiologiques vers les cabinets de conseil privé (Corteel, 2023) et le compte-goutte des tests et des données de terrain illustre une forme de désalignement entre le pouvoir et les modélisateurs : Le 29 octobre 2020, le président Emmanuel Macron déclare solennellement : « quoi que nous fassions, près de 9000 patients seront en réanimation à la mi-novembre ». Ce scénario catastrophe a montré les limites de l'usage politique du modèle de l'Institut Pasteur. Le Conseil Scientifique prédisait entre 6000-7200 lits occupés en soins intensifs avec un confinement immédiat, et entre 8900-11000 lits avec un confinement retardé d'une semaine<sup>11</sup>. Le gouvernement a semble-t-il fait le choix du scénario le plus dramatique (la stratégie du pessimisme perdurant), alors que les mesures ont été prises dans l'immédiat. Ce qui a conduit au discrédit politique des prédictions du modèle. En réalité, ce sont moins de 6000 patients qui furent admis en réanimation. L'impact sur les services de soins intensif s'est ainsi révélé inférieur à l'avis du Conseil scientifique. D'où le désalignement opéré à l'hiver 2020-2021 et un retour progressif au pluralisme.

### **Vers un retour du pluralisme ?**

En parallèle des prédictions du modèle, les comptes-rendus de l'évolution hic et nunc se sont poursuivis. À partir d'avril-mai 2020, la disponibilité progressive de tests de dépistage comme de la mise en place d'un dispositif centralisé d'enregistrement de leurs résultats permet que ces données ré-entrent dans les circuits de décision. C'est notamment le cas des savoirs épidémiologiques a posteriori, de santé publique, sur les contaminations « réelles ». Depuis octobre 2020, la Direction de la Recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (DREES : tutelle du ministère de la Santé – le directeur est Fabrice Lengart) met régulièrement à disposition les données sur le volume et les délais de validation des tests RT-PCR et antigéniques. Ces résultats sont issus des données du système d'information SI-DEP qui repose sur un partenariat entre le ministère de la Santé et de la Prévention (Direction générale de la santé en tant que responsable du traitement) et l'Assistance publique – Hôpitaux de Paris (AP-HP, maître d'œuvre).

Au cours du second semestre 2020 - les tests se généralisent progressivement et informent des niveaux de contaminations par le Covid-19 dans la population – les données qu'ils produisent sont à cet égard d'autres outils de « réassurance » possible – de reprise de contrôle notamment par le ministère de la Santé (les malades reviennent/les contaminés aussi – les asymptomatiques). Ces informations/données ne sont pas des « prédictions » mais des données récoltées en temps

---

<sup>11</sup> Note du conseil scientifique 26 octobre 2020, p. 24.

réel - même si ces données alimentent les modèles, le pourcentage de personnes positives dépistées pouvant entrer dans le système et permettant de préciser la forme des « vagues ». Ces données se fondent sur des « résultats biologiques » tangibles et fiables (fiabilisés) sur des personnes réelles et non plus des « viral twins ». A l'instar du stéthoscope du clinicien, ces données sont certes médiatisées par des technologies (les tests – système statistique) mais leur récolte se fait directement à partir des individus réels.

On assiste alors à une nouvelle définition de la population par des acteurs de la santé publique qui ne sont pas des modélisateurs, cette redéfinition statistique de la population se fait dans les mots/le langage de la santé publique – le population est moins envisagée comme la somme d'ensembles abstraits que comme des sous-catégories de population définies en fonction de leur statut vis-à-vis du virus : infectés, guéris, positifs, négatifs, malades, hospitalisés, à risques, etc. Ce sont les outils statistiques (et non plus seulement les modèles épidémiologiques) qui permettent de définir ces sous-catégories – le dépistage comme « outil de médiation » joue un rôle important dans la redéfinition de la population en sous-groupes, on pourrait dire « sanitarisés » de la population. D'une certaine façon, on peut dire que la définition de la population se réouvre, on assiste à un retour de ce qui a été refoulé par les modèles à savoir l'existence d'une population plurielle, composite, avec des statuts différents vis-à-vis du virus.

Au moment où les modèles dominaient (monopolisait) le travail de définition de la population, il y avait bien sûr des malades mais ceux-ci étaient enfermés dans le système de soins, dans les hôpitaux – c'était la DGOS qui avait la main sur les données d'hospitalisation. On peut dire qu'il y a une lutte définitionnelle sur les termes à employer pour désigner la population en temps d'épidémie qui renvoie à des savoirs mais aussi des acteurs administratifs qui ré-entrent dans le jeu de la gestion de l'épidémie après avoir été écartés. Ce jeu de va et vient, correspond-t-il à la mise en place ad hoc du Conseil Scientifique ? D'autres acteurs ont-ils été écartés au moment de la création du Conseil Scientifique ? Est-ce l'effet de l'alignement d'un commandement centralisé ayant trouvé un moyen de mobiliser les administrations autour d'une même vision, celle des modèles ?

## **Conclusion**

Le rôle de la modélisation dans la mise en place stratégique des mesures sanitaires et la légitimation des politiques publiques met en évidence trois aspects de la gestion de crise de Covid-19 en France : (1) l'émergence ad hoc d'une forme d'institutionnalisation momentanée des outils scientifiques (modèles) qui sert le politique et se trouve en même temps légitimé par lui ; (2) la construction d'une forme nouvelle de représentation physicaliste de la population sur laquelle le pouvoir politique a pu prendre prise ; et (3) l'alignement stratégique du pouvoir et du savoir autour d'un effacement du social à la faveur d'une intervention générale sur la population. Dans la première partie de l'article nous avons ainsi contribué à souligner l'institutionnalisation temporaire des modèles, mettant en évidence leur importance dans la prise de décision sur la mise en place du confinement et la gestion des deux premières vagues. Dans la deuxième partie nous avons examiné la nature même des modèles et comment ils représentent la population en la dépouillant de tout constituant autre qu'une force d'infectivité. Enfin, la troisième partie de notre analyse a exploré la manière dont la modélisation épidémiologique a légitimé les politiques mises



en œuvre, tout en introduisant une difficulté dans l'évaluation des modèles, appelant ainsi au retour de définitions alternatives de la population, propre à la santé publique.

Tout ceci dessine un processus singulier de légitimation des politiques favorisé par le caractère abstrait de la modélisation, qui a été à même d'inclure l'ensemble de la population dans une représentation unique tout en visant un équilibre par le maintien des structures hospitalières. L'élaboration d'une représentation en compartiments de la population (suspectés, infectés, retirés) entendue comme la somme d'individus médicalement différenciés – faisant fi des inégalités/fractures sociales de la société et sur laquelle on pourrait agir à distance – a permis la construction d'une réalité populationnelle *ad hoc* (alternative /idoine) et ainsi autorisé l'activation de mesures plus ou moins coercitives, s'accompagnant de menaces et de sanctions directes (le confinement) ou indirectes et incitatives (dépistage, passe sanitaire) afin de répondre à l'objectif politique (et gestionnaire) d'empêcher la saturation des hôpitaux. À cet égard, l'objectivation de la modélisation nous invite à nous questionner sur l'enrôlement de la science par le politique et de l'impact cognitif du scientifique sur le politique. La mise en relation du politique et du scientifique a semble-t-il été l'effet coordonné de la modélisation et de la stratégie par un double effet de cadrage organisationnel et cognitif relatif à la circulation des courbes, des chiffres et de la fameuse « vague ». Cependant, cet alignement organisationnel et cognitif a en même temps favorisé une cohésion dans la gestion de crise et écarté d'autres approches plus ancrées dans les sciences sociales.

En construisant ainsi une représentation compartimentée de la population, où chaque individu est médicalement différencié, les inégalités et les fractures sociales ont été ignorées au bénéfice d'une intervention « universaliste » à caractère biomédical et non biosocial. L'analyse de l'institutionnalisation des modèles, de la définition des populations et de l'alignement des modèles sur les politiques publiques révèle la double dépendance du pouvoir politique et de la modélisation durant la crise de Covid-19 écartant d'autres types d'expertise qui aurait pu permettre de relever la diversité des populations et l'impact des mesures sanitaires engagées sur ces dernières. Au vu des effets néfastes à long terme (économiques, médicaux, sociaux et psychologiques) il convient de reconnaître l'importance d'une approche pluridisciplinaire et d'une transparence accrue dans l'utilisation des modèles pour éclairer le débat public et garantir des décisions équilibrées et bien informées. Notre réflexion sur la manière dont la science et la modélisation influencent la définition de la population durant la crise de Covid-19 a montré la nécessité de favoriser une approche intégrant des savoirs différenciés afin de ne pas effacer les différences et de ne pas se méprendre sur qui et quoi protéger.

Dans les modèles la population est bien envisagée comme un acteur, comme ce fut le cas pour le Covid-19. Mais, ce rôle est scénarisé au sens où les comportements de la population sont caractérisés et décrits de manière sommaire et simplifiée. La population s'uniformise dans la distribution des fonctions pour rendre visible les dynamiques générales du virus. Il est d'ailleurs nécessaire de limiter l'ensemble des paramètres et des variables pour que le modèle reste intelligible et ne devienne pas une « boîte noire » (Corteel, 2022). En effaçant les particularités sociales des personnes, selon différents profils socio-économiques ou encore de genre et d'origine, ainsi que les différentes situations sociales dans lesquels ils évoluent, les catégories de population identifiées par la modélisation épidémiologique se révèlent être à la fois vraies en

général et fausses en particulier. Or, ces catégories conditionnent la concordance entre les règles sanitaires et une représentation abstraite des comportements qui manque trop souvent d'épaisseur et d'ancrage historique et social. Ce qui ouvre un questionnement sur les modes d'évaluation de l'action publique se fondant sur ce type de modèle. Dans le cas du Covid-19, l'évaluation porte-t-elle sur l'éventuel décalage entre les modèles et les données remontant du terrain ou sur la seule précision et efficacité des prévisions en termes de réduction de la contagion ? Cette question soulève deux interrogations.

D'abord, (1) celle de savoir quels experts sont en mesure de fournir des évaluations à partir de la mise en cohérence des données de terrain reconnues comme légitimes. Seraient-ce les mêmes modélisateurs que ceux qui ont élaboré les prédictions ? Une chose est sûre, c'est que bon nombre d'hypothèses discutées à partir des modèles au début de la pandémie n'ont pu être tranchées qu'a posteriori par d'autres acteurs et font d'ailleurs encore l'objet de controverses (immunité collective, durée de la contagiosité, contamination dans les écoles et les transports, efficacité vaccinale, bénéfique/risque des vaccins selon les âges etc.). Ensuite, (2) comment ces expertises ont pu conduire à une réévaluation critique de la pertinence des modèles pour la gestion de la crise. La modélisation prédictive a-t-elle été réévaluée par la médecine fondée sur les preuves (Evidence-based Medicine) (Fuller, 2020) ? Ou bien est-ce par d'autres acteurs non-scientifiques, qui auraient interrogé non pas sa scientificité, mais sa pertinence en matière de gestion de crise ?

### *Bibliographie*

ADAM, D. (2020), "Simulating the pandemic: What COVID forecasters can learn from climate models", *Nature*, vol. 587, n° 7835, p. 533-535.

AXELROD, R. (1996), *Comment réussir dans un monde d'égoïstes : théorie du comportement coopératif*, Paris, Odile Jacob.

BADIOU, [A. \(1970\)](#), *Le concept de modèle*, [Paris](#), Maspero, 1970.

BADIOU, [A. \(1990\)](#), *Le nombre et les nombres*, Paris, Seuil.

BATHIA, S. ET AL., « Relative sensitivity of international surveillance », *Imperial College London Covid-19 Response Team - Report 6*, 21 février 2020.

BELLMAN, R. (1961), *Adaptive control processes*, Princeton University Press.

BÉRARD, Y., & CRESPIEN, R. (dir.). (2010), *Aux frontières de l'expertise. Dialogues entre savoirs et pouvoirs*, Presses universitaires de Rennes, coll. « Res Publica ».

BERGERON, H., BORRAZ, O., CASTEL, P., & DEDIEU, F. (2020), *Covid-19: une crise organisationnelle*, Paris, Presses de Sciences Po.

BERGERON, H., CASTEL, P., DUBUISSON-QUELLIER, S., LAZARUS, J., NOUGUEZ, E., & PILMIS, O. (2018), *Le biais comportementaliste*, Paris, Presses de Sciences Po.

- BERKOWITZ, S. D. (2013), *An introduction to structural analysis: The network approach to social research*, Toronto, Butterworths.
- BOD, R., DONGEN, J. V., HAGEN, S. L. T., KARSTENS, B., & MOJET, E. (2019), « The Flow of Cognitive Goods: A Historiographical Framework for the Study of Epistemic Transfer », *Isis*, vol. 110, n° 3, p. 483-496.
- BOREL, E. (1948), *Le hasard*, Paris, Puf, Nouvelle collection scientifique.
- BOULLIER, H., CORNILLEAU, L., JOUZEL, J. N., & JUVEN, P. A. (2021), « En attendant d'autres données. Raison modélisatrice, incertitudes et pièges de l'abstraction », *Terrains & travaux*, n°1, p. 5-22.
- BOWKER, G., & STAR, S. L. (1999), *Sorting things out. Classification and its consequences*, MIT Press.
- BOZIO, A. (2014), « L'évaluation des politiques publiques : enjeux, méthodes et institutions », *Revue française d'économie*, 29(4), p. 59-85.
- BRITTON, T. (2020), « Basic prediction methodology for covid-19: estimation and sensitivity considerations », MedRxiv.  
<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.27.20045575v2.full.pdf>
- CORTEEL, M. (2022), « Les boîtes noires de la pandémie : Modélisation épidémiologique et pouvoir politique durant la crise de Covid-19 », *Multitudes*, vol. 86, p. 147-155.
- CORTEEL, M. (2023), « Institutionnalisation des modèles durant la crise de covid-19 », *Annales des Mines, Enjeux numériques*, n°21, 2023.
- DELAPORTE, F. (1995), *Les épidémies*, Paris, Cité des sciences et de l'industrie.
- DEMORTAIN, D. (2019), « Les jeux politiques du calcul: Sociologie de la quantification dans l'action publique », *Revue d'anthropologie des connaissances*, vol. 13, n° 4, p. 953-972.
- DEROSIERES, A. (1993), *La politique des grands nombres. Histoire de la raison statistique*, Paris, La découverte.
- DESROSIERES, A. (2014), *Prouver et gouverner : une analyse politique des statistiques publiques*, Paris, La découverte.
- FERGUSON, N. M., ET AL. (2005), « Strategies for containing an emerging influenza pandemic in Southeast Asia », *Nature*, 437, p. 209 -214.
- FERGUSON, N.M ET AL., «Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce Covid-19 mortality and healthcare demand», *Imperial College Covid-19 Response Team - Report 9*, 16 mars 2020. [Imperial-College-COVID19-NPI-modelling-16-03-2020.pdf](https://www.imperial.ac.uk/covid-19/data-reports/impact-of-npi-to-reduce-covid-19-mortality-and-healthcare-demand/)
- FEYERABEND, P. (1979), *Contre la méthode: l'anarchisme méthodologique*, Paris, Ed. du Seuil.
- FULLER, J. (2020), « Models v. Evidence », *Boston Review*, vol.5, n°5, p. 31-45.
- GAND, S., & PERIAC, E. (2018), « Représenter la complexité pour agir en gouvernance multi-acteurs : une proposition à partir du cas de l'aide aux proches aidants », *Politiques et management public*, 35(1-2), p. 27-47.

- GIERE, R. (1988), *Explaining Science: A Cognitive Approach*, Chicago, Univ. Chicago Press.
- GRIEVES, M. (2014), "Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication", *White paper*, vol. 1, n° 2014, p. 1-7.
- GRMEK, M.D. (1983), *Les maladies à l'aube de la civilisation occidentale*, Paris, Payot.
- HACKING, I. (1990), *The taming of chance*, Cambridge University Press.
- HALES, T.C. (2020 novembre), « A review of the Ferguson Imperial Model of Covid-19 infection ». <https://jiggerwit.files.wordpress.com/2020/11/imperial-review-header.pdf>
- HARPER, K. (2018), *The fate of Rome: Climate, disease, and the end of an empire*, Princeton University Press.
- HEESTERBEEK, J. A. P. (2005), « The law of mass-action in epidemiology: a historical perspective », in : K. Cuddington & B. E. Beisner (ed.), *Ecological paradigms lost: routes of theory change*, Elsevier, p. 81-105.
- IHL, O. (dir.) (2006), *Les "sciences" de l'action publique*, PUG, Coll. Symposium.
- IHL, O., KALUSZYNSKI, M. ET POLLET, G. (dir.) (2003), *Les sciences de gouvernement*, Paris, Economica.
- INGRAM, H., & SCHNEIDER, A.L. (2015), "Making distinctions: the social construction of target populations", In : F. Fisher, D. Torgerson, A. Durnova, M. Orsini (Eds.), *Handbook of critical policy studies*, Chap 14, p. 259- 273.
- JAMES L. P., SALOMON J.A., BUCKEE C. O., & MENZIES N.A. (2021), « The Use and Misuse of Mathematical Modeling for Infectious Disease Policymaking: Lessons for the COVID-19 Pandemic », *Medical Decision Making*, vol. 41, n°4, p. 379-385.
- JASANOFF, S. (Ed.). (2004), *States of knowledge: the co-production of science and the social order*, London, Routledge.
- JONES, D. & HELMREICH, S. « La forme des épidémies », *AOC media*, 20 octobre 2021
- JUVEN, P. A., PIERRU, F., & VINCENT, F. (2019), *La casse du siècle. À propos des réformes de l'hôpital public*, Paris, Raisons d'agir.
- KERMACK, W.O. & MCKENDRICK, A.G. (1927), « A contribution to the mathematical theory of epidemics », in *Proceedings of the Royal Society of London, Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, Vol. 115, n° 772, p. 700-721.
- KINGDON, J. (1984), *Agendas, Alternatives and Public Policies*, Boston, Little Brown.
- KUHN, T. S. (1962), *The structure of the scientific revolution*, Chicago, University of Chicago Press.
- LACHENAL, G., & THOMAS, G. (30 mars 2020). « COVID-19: When history has no lessons », *History Workshop*. [COVID-19: When history has no lessons | History Workshop](#)
- LASCOUMES PIERRE ET LE GALÈS PATRICK (dir.) (2004), *Gouverner par les instruments*, Paris, Presses de Sciences Po.

- LEACH, M., & SCOONES, I. (2013), « The social and political lives of zoonotic disease models: narratives, science and policy », *Social science & medicine*, vol. 88, p. 10-17.
- LEGAY, J.-M. (1997), *L'Expérience et le Modèle. Un discours sur la méthode*, Paris, Inra Éditions, Coll. Sciences en question.
- LEGAY, J.-M. & LEBRETON (1973), « Introduction aux modèles mathématiques de la dynamique des populations. Introduction à l'étude des modèles à compartiments », in *La Méthode des modèles, état actuel de la méthode expérimentale*, Paris, Informatique et biosphère.
- LONGINI, I. M., JR., ET AL. (2005), « Containing pandemic influenza at the source », *Science*, 309, p. 1083 -1087.
- MARROT, B. (2020), « Administrer le système hospitalier ou administrer le système de santé ? », *Revue française d'administration publique*, n° 2, p ; 443-458.
- MARTIN, F.-X, (2021 avril), « Covid-19: Enseignements et crédibilités de modèles épidémiologiques », *La jaune & la rouge*, n° 764. [Covid-19, les modèles épidémiologiques - La Jaune et la Rouge](#)
- MASSE, R. (2007), « Les sciences sociales au défi de la santé publique », *Sciences sociales et santé*, vol. 25, n° 1, p. 5-23.
- MAUDE, R. J., LUBELL, Y., SOCHEAT, D., YEUNG, S. ET AL. (2010), « The role of mathematical modelling in guiding the science and economics of malaria elimination », *International health*, vol. 2, n°4, p. 239-246.
- MEINERT, L., & SEEBERG, J. (Eds.). (2022). *Configuring Contagion: Ethnographies of Biosocial Epidemics* (Vol. 19). Berghahn Books.
- MULLER, P. (2005), « Esquisse d'une théorie du changement dans l'action publique », *Revue française de science politique*, vol. 55, n°1, p. 155-187.
- NICHTER, M. (2020), *Global Health: Why Cultural Perceptions, Social Representations, and Biopolitics Matter*, University of Arizona Press.
- OPITZ, S. (2017), « Simulating the World: The Digital Enactment of Pandemics as a Mode of Global Self-Observation », *European Journal of Social Theory*, vol. 20, n° 3, p. 392–416.
- ORESQUES, N. (2003), « The Role of Quantitative Models in Science », In : Charles Draper William Canham, Jonathan J. Cole, William K. Lauenroth (dir.), *Models in ecosystem science*, Princeton University Press, p. 13-32.
- PAVAN, V. (2020), « Dénoncer la fausse science épidémiologique : réquisitoire contre l'article "Estimating the burden of SARS-CoV-2 in France" : 17 chercheurs de 10 instituts ne comprennent ni les probabilités ni les mathématiques et inventent " l'équation générale de la vérité " qu'ils résolvent en " double aveugle " avant d'en maquiller piteusement la présentation et de se suicider sur la théorie du R0 ». <https://amu.hal.science/hal-02568133v3>
- PAWSON, R. (2021), « The Coronavirus Response: Boxed in by Models », *Evaluation*, vol. 27, n° 2), p. 149-167.

- PETERSEN, A. C. (2000), « Philosophy of climate science », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 81, n° 2, p. 265-272.
- PORTER, T. M. (1986), *The Rise of Statistical Thinking, 1820-1900*, Princeton: Princeton University Press.
- PORTER, T. M. (1996), *Trust in numbers: The pursuit of objectivity in science and public life*, Princeton: Princeton University Press.
- PULLANO, G., PINOTTI, F., VALDANO, E., BOËLLE, P.-Y., POLETTI, CH., & COLIZZA, V. (2020 janvier), “Novel coronavirus (2019-nCoV) early-stage importation risk to Europe”, *Eurosurveillance*, vol. 25, n°4. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.4.2000057>
- RHODES, T., & LANCASTER, K. (2022), « Making pandemics big : On the situational performance of Covid-19 mathematical models », *Social Science & Medicine*, vol. 301, 114907.
- RHODES, T., LANCASTER, K., LEES, S. AND PARKER. M. (2020), « Modelling the Pandemic: Attuning Models to Their Contexts », *BMJ Global Health*, vol. 5, n°6, e002914.
- ROBERT, C. (2008), « Expertise et action publique », in Borraz O., Guiraudon V. (dir.), *Politiques publiques-1*, Paris, Presses de Science Po, p. 309-335
- ROSEN, G. (1958), *A History of Public Health*, New York, MD Publ.
- SALJE, H., TRAN KIEM, C., LEFRANCQ N., ET AL. (2020), “Estimating the burden of SARS-CoV-2 in France”, *Science*, vol. 369, n° 6500, p. 208-211.
- SCHNEIDER, A., & INGRAM, H. (1993), « Social construction of target populations: Implications for politics and policy », *American political science review*, vol. 87, n°2, p. 334-347.
- SHACKLEY, S., & WYNNE, B. (1995), *Global climate change: the mutual construction of an emergent science-policy domain*, *Science and Public Policy*, vol. 22, n° 4, p. 218-230.
- SISMONDO, S. (1999), « Models, Simulations, and Their Objects », *Science in Context*, vol. 12, n° 2, p. 247–60.
- VILLANI, C. (2020), « Épidémie de COVID-19 – Point sur la modélisation épidémiologique pour estimer l’ampleur et le devenir de l’épidémie de COVID-19 », in Office parlementaire d’évaluation des choix scientifiques et technologiques, (mise à jour 11 mai 2020). [OPECST\\_modelisation\\_covid\\_19.pdf \(senat.fr\)](#)