



HAL
open science

“ En attendant d’autres données ” Raison modélisatrice, incertitudes et pièges de l’abstraction

Henri Boullier, Lise Cornilleau, Jean-Noël Jouzel, Pierre-André Juven

► To cite this version:

Henri Boullier, Lise Cornilleau, Jean-Noël Jouzel, Pierre-André Juven. “ En attendant d’autres données ” Raison modélisatrice, incertitudes et pièges de l’abstraction. *Terrains et Travaux: Revue de Sciences Sociales*, 2021, 1 (38), pp.5-22. 10.3917/tt.038.0005 . halshs-03509339

HAL Id: halshs-03509339

<https://shs.hal.science/halshs-03509339>

Submitted on 7 Mar 2022

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.

« En attendant d'autres données » Raison modélisatrice, incertitudes et pièges de l'abstraction

Henri Boullier, Lise Cornilleau, Jean-Noël Jouzel, Pierre-André Juven

Version auteurs acceptée de l'article : Boullier Henri, Cornilleau Lise, Jouzel Jean-Noël *et al.*, « « En attendant d'autres données ». Raison modélisatrice, incertitudes et pièges de l'abstraction », *Terrains & travaux*, 2021/1 (N° 38), p. 5-22. DOI : 10.3917/tt.038.0005. URL : <https://www.cairn.info/revue-terrains-et-travaux-2021-1-page-5.htm>

Notre objectif, c'est de faire mentir ces courbes, faire mentir ces modèles.

Olivier Véran, ministre de la Santé, octobre 2020

Lorsque *terrains & travaux* lance un appel à articles intitulé « La raison modélisatrice » au printemps 2019, nous sommes loin d'imaginer que les modèles s'appêtent à connaître une actualité brûlante à la sortie du numéro¹. Voilà plusieurs années que des chercheur·se·s en sciences sociales étudient la production des modèles, les usages scientifiques et politiques auxquels ils donnent lieu, ainsi que les controverses que ces pratiques et utilisations suscitent. L'année 2020 a néanmoins offert aux modèles une lumière qui invite à poursuivre les recherches conduites jusque-là. Comme d'autres épidémies avant elle², la pandémie de Covid-19 a en effet très vite été marquée par le recours aux modélisations et aux expertises prédictives pour soutenir la décision publique dans un environnement caractérisé par un haut degré d'incertitude. Dès le mois de janvier 2020, alors que la pandémie paraît encore lointaine en France, des équipes de l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM) commencent à modéliser les importations de cas de la Chine vers l'Europe *via* les transports aériens (Gaudillière, Izambert et Juven, 2021). Si ces modèles ne sont pas encore finalisés au mois de mars suivant, quand notre pays devient à son tour massivement touché par le Covid-19, les pouvoirs publics s'appuient sur d'autres modélisations développées par l'équipe de Neil Ferguson à l'*Imperial College* de Londres pour appréhender des scénarios du possible développement de la pandémie. D'après la presse, ce sont même ces prévisions (« jusqu'à 500 000 morts si on ne fait rien »), présentées le 12 mars 2020 au président de la République Emmanuel Macron, qui auraient conduit ce dernier à décider le premier confinement³. De fait, l'un des événements les plus marquants des dernières décennies a été mis en évidence, évalué et gouverné par des modèles.

Pour autant, si le gouvernement de la pandémie au cours de l'année passée donne à voir le poids de la raison modélisatrice dans la décision politique en temps de crise, il rend également visibles

¹ Ce numéro fait suite à un panel qui s'était tenu au Congrès de l'Association Française de Science Politique (AFSP) à Montpellier en 2017. Ce panel était organisé par Sara Angeli Aguiton, Henri Boullier, Lise Cornilleau et Pierre-André Juven. Nous remercions ici chaleureusement Sara Angeli Aguiton pour son travail et sa contribution au dossier. Ce dernier doit aussi beaucoup aux réflexions et aux travaux collectifs conduits dans le cadre du projet INNOX (Innovation dans l'expertise : computation et simulation numériques dans l'action publique), coordonné par David Demortain, financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) entre 2014 et 2017 (ANR-13-SOIN-005), et dont les résultats ont été publiés dans des dossiers thématiques de *Science and Technology Studies* et la *Revue d'anthropologie des connaissances* (Aykut, Demortain et Benbouzid, 2019 ; Demortain, 2019a).

² Le recours à la modélisation est central dans les dispositifs de préparation et de gestion des épidémies, voir notamment les travaux sur la pandémie de grippe A (H1N1) de 2009-2010 (Keck et Lachenal, 2019 ; Mansnerus, 2013).

³ Cf. Aeschimann, 2020.

son caractère controversé et sa fragilité. Car le même Emmanuel Macron, le 25 mars 2021, soit un an plus tard, déclare qu'il n'a « aucun *mea culpa* » à faire suite à son refus de reconfiner la population en janvier 2021. « Il n'y a pas eu l'explosion qui était prévue par tous les modèles » dit alors le chef de l'État⁴. Les modèles se seraient-ils trompés ? Le président de la République aurait-il mal lu les travaux qui lui ont été soumis ? À la fois outil de savoir et de prévision, la modélisation joue ici le rôle d'oiseau de mauvais augure, mais aussi de vigie des bonnes nouvelles. Ce rôle central dans la décision politique tend à faire oublier que, si la modélisation est un mode de connaissance du monde et de son avenir, elle est aussi et avant tout une pratique scientifique, avec ce que cela comporte de contingent. La directrice de recherche à l'INSERM, Vittoria Colizza, figure majeure de la modélisation épidémiologique en France, souligne les difficultés de modéliser dans un contexte de fortes incertitudes concernant la prévalence et le comportement des variants. Face à une demande politique pressante, il n'est d'autre issue que d'actualiser quotidiennement les calculs de la veille à l'aune de nouvelles hypothèses sur le comportement du virus : « En attendant d'autres données, nous prenons comme hypothèse que le variant britannique est 50 % plus contagieux que les variants historiques, ce qui correspond à la valeur médiane estimée par les deux études. Le variant sud-africain, qui pourrait déjà représenter 1 % des cas en France, va aussi avoir un impact sur l'épidémie. On ne sait toutefois pas dans quelles proportions il sera plus contagieux, pas plus qu'on ne connaît encore sa capacité à infecter des personnes déjà immunisées. »⁵

L'épidémiologiste ajoute qu'une autre difficulté de la modélisation épidémiologique tient à la superposition de politiques publiques, dont il est difficile d'identifier les effets respectifs : « Modéliser devient très complexe car plusieurs mesures de lutte contre l'épidémie se superposent à des niveaux différents. Le premier confinement n'est pas comme le deuxième où, à côté de l'ouverture des écoles, il y avait aussi davantage de mobilité. Il est vraiment difficile de distinguer les effets de chaque intervention, surtout quand il s'agit d'une mesure nuancée comme le couvre-feu. »⁶

Les incertitudes associées à la pratique modélisatrice, sa centralité politique au nom de son pouvoir prédictif et normatif, ses modes concurrentiels de production, le rôle déterminant des données, etc. : ce qui a pu être observé à l'occasion de la pandémie de Covid-19 (Pawson, 2021) se retrouve dans de nombreux autres terrains d'enquête où s'observent la production et l'usage de modèles. Nous reviendrons d'abord sur les études sur la modélisation, en explicitant leurs principaux axes analytiques, avant de présenter la manière dont ce numéro entend revisiter certaines questions à partir du thème de la « raison modélisatrice ».

Au-delà de la quantification : modèles, algorithmes, données, scénarios

La modélisation se développe à partir du début du XX^e siècle, connaît son essor après la Seconde Guerre mondiale et encore davantage à partir des années 1970-1980 (Armatte et Dahan, 2015). Cette pratique de « mathématisation du réel » (Israel, 1996) concerne progressivement un nombre considérable de champs scientifiques – la chimie, l'économie, la climatologie, etc. Allant au-delà de la simple quantification (Desrosières, 1993, 2008), la modélisation peut être définie comme « un mixte de quantification, de formalisation, et de simulation » (Armatte, 2010 : 17). Son formalisme vise à décrire et expliquer le fonctionnement d'un phénomène donné par un jeu d'hypothèses qui se voient traduites en équations. Ces hypothèses sont construites à l'aune des théories existantes dans le champ de la discipline concernée et sont, de ce fait, « situées ». Le terme *modèles* renvoie ainsi à une grande diversité d'outils de calcul, plus ou moins complexes, les modélisateurs arbitrant entre simplicité, gage de maniabilité

⁴ Cf. Franceinfo, 2021.

⁵ Cf. Larousserie et Hecketsweiler, 2021.

⁶ *Ibid.*

et de robustesse, et potentiel analytique. Si la modélisation est une pratique ancienne, elle n'en a pas moins connu un puissant renouvellement sous l'effet des technologies numériques, qui ont en particulier permis le développement d'*algorithmes*, soit des « méthodes informatiques de calcul » qui s'apparentent à des modèles implémentés sous forme de programme informatique (Jaton, 2021 : 5). En effet, si l'algorithme est un « ensemble d'instructions écrites sous forme de code et exécutées sur des ordinateurs », il est « en principe [...] indépendant de la machine qui exécute ses instructions » (Burrell et Fourcade, 2021 : 23.3).

Les modélisateur·rice·s s'appuient sur des *bases de données* qui jouent un rôle essentiel aux différentes étapes de la carrière d'un modèle. La première étape de l'élaboration d'un modèle consiste souvent en un travail d'élaboration et de « nettoyage » d'une base de données. Ce terme désigne les efforts visant à traquer les erreurs ou incohérences, découlant par exemple de l'agrégation de différentes sources ou de la fiabilité de ces dernières. L'absence de certaines entités ou acteurs dans les données détermine le « récit » (Espeland, 2015) proposé par le modèle qui peut alors produire des invisibilisations. Les données sont aussi déterminantes pour calibrer le modèle, en particulier pour donner des valeurs aux coefficients des équations et ainsi produire des résultats chiffrés. Selon Michel Armatte, les pratiques de calibration ont renforcé la normativité de la modélisation : alors que dans les années 1930, le modèle visait à représenter de manière simplifiée les rouages d'une théorie à des fins heuristiques, dans la période récente, « il offre à la fois une représentation simplifiée de la théorie et une représentation des observations et mesures prises sur cette réalité », ce qui facilite les usages prescriptifs fondés sur des objectifs chiffrés (Armatte 2009 : 170). Enfin, les bases de données jouent un rôle déterminant à l'étape de la validation, soit le moment où le modèle est jugé assez robuste pour que ses anticipations soient considérées comme crédibles et fiables. Ce processus s'appuie sur une confrontation aux données, qui permet par exemple de s'assurer que le modèle est parvenu à prédire correctement une série passée ou que les prédictions rejoignent les résultats obtenus par voie expérimentale (Boullier, Demortain et Zeeman, 2019). Pour toutes ces raisons, les bases de données, leur nature, mais aussi leur production et leur accès sont un enjeu central des pratiques modélisatrices.

Enfin, le rapport au temps de la modélisation explique son succès croissant dans l'aide à la décision. La modélisation permet en effet d'élaborer des *scénarios* pour estimer les effets de telle option politique ou de la survenue de tel évènement sur les paramètres choisis dans le modèle (par exemple le taux de contamination, le taux de croissance, etc.). Ainsi, à la différence des prospectives qualitatives, les prospectives modélisées promettent de quantifier les scénarios pour le futur (Aykut, Demortain et Benbouzid, 2019). Pour autant, pratiques modélisatrices et élaboration de scénarios ne sont pas hermétiques, bien au contraire : le « récit » du modèle (Espeland, 2015) détermine en grande partie les scénarios qu'il permet de déployer. Pour cette raison, les modélisateur·rice·s élaborent souvent leur instrument en dialogue étroit avec les décideur·se·s, dont l'intéressement précoce aux scénarios modélisés constitue un gage du succès futur du modèle (Kieken, 2004). Selon les terrains d'enquête, il existe une diversité de scénarios modélisés : certains, dits tendanciels, se contentent de faire l'hypothèse – forte – que l'évolution d'un système ou d'un phénomène dépend de ses tendances passées à partir desquelles il est possible d'inférer ce que l'on qualifie alors de projection. D'autres, plus analytiques, prévoient le futur en modélisant le fonctionnement du phénomène, les anticipations étant alors le fruit d'hypothèses formulées sur ce dernier. Dans tous les cas, il s'agit de parvenir à imaginer la survenue d'évènements ou la mise en place de politiques publiques pour, éventuellement, aboutir à des recommandations.

Une pluralisation des littératures et des questions à l'ère de la « société des modèles⁷ »

⁷ En référence à la « société des algorithmes » (Burrell et Fourcade, 2021).

Enquêtant sur ce mode de connaissance spécifique, des travaux inscrits dans le champ des *Science & Technology Studies* (STS) ont montré que les modèles deviennent des outils incontournables de certains dispositifs expérimentaux (Fox Keller, 2000 ; Morgan, 2012), remplaçant souvent des observations coûteuses ou impossibles à réaliser. La modélisation a ainsi été étudiée comme un intermédiaire entre la théorie et la réalité (Cartwright, 1983) ou un outil de « médiation » entre des données et des théories scientifiques (Morgan et Morrisson, 1999). Sans adopter un prisme techniciste, cette littérature est attentive à la matérialité de pratiques modélisatrices, notamment depuis le tournant induit par le développement de la *data science* au début des années 2000. « À quoi rêvent les algorithmes ? », s'interroge ainsi Dominique Cardon (2015) dans sa réflexion sur les usages des bases de données de grande taille développées par les firmes de certains secteurs (information, banque, etc.). Florian Jatton (2021) revisite les ethnographies de laboratoire en observant les tâches de programmation nécessaires au développement d'un algorithme, depuis ses balbutiements jusqu'à sa consécration par un article académique.

S'inspirant de la sociohistoire de la quantification (Desrosières, 1993 ; Porter, 1995 ; Didier, 2009), Michel Armatte et Amy Dahan déploient une analyse à la fois interne et externe des modèles. Ils invitent à aller au-delà de l'ouverture des « boîtes noires » et du suivi des pratiques modélisatrices pour s'intéresser conjointement aux usages et aux effets des modèles en « développ[ant] une sociologie situant chaque modélisation dans un réseau d'acteurs, d'enjeux et de stratégies, dans une histoire qui les rattache à un certain régime d'expertise, une manière d'articuler sciences et sociétés, savoirs et pouvoirs » (Armatte et Dahan, 2015 : 340). Ces travaux ont mis en évidence la flexibilité et l'adaptabilité des modèles, qui leur confèrent un pouvoir spécifique tenant à leur capacité à « traduire les demandes et les contributions de chacun en une forme compréhensible et manipulable par l'ensemble des acteurs des sphères scientifique et politique » (Kieken, 2004 : 398). Pour le cas des modèles économiques et financiers, cette perspective invite à être attentif à la « performativité » des modèles et à la manière dont les pratiques des acteurs des domaines soumis à la modélisation peuvent ajuster leurs pratiques aux paramètres et aux prévisions des modèles (Callon, 1998, 2007 ; MacKenzie, 2006).

Dialoguant avec la sociologie du travail et des professions, d'autres recherches se sont intéressées à l'usage des modèles par certains professionnel·le·s : l'image de scientificité et d'universalité attachée à la modélisation aurait ainsi participé de la légitimité internationale de l'économie et des économistes (Fourcade, 2006). La réception de la *data science* dans des mondes sociaux variés – comme le droit, le journalisme ou la santé – a également été investiguée, montrant que la capacité de diffusion de ces savoirs et technologies s'explique par « leur relative ouverture aux épistémologies propres aux différents mondes sociaux concernés » (Dagiral et Parasie, 2017 : 87). Pour autant, ces nouveaux savoirs transforment parfois les pratiques des professionnel·le·s. Angèle Christin montre, sur le cas du journalisme, comment les algorithmes et le travail des données créent des « publics algorithmiques » (Christin, 2020) et, dans ses travaux avec Sarah Brayne, comment les modèles computationnels créent de nouvelles inégalités dans les pratiques de la justice pénale (Brayne et Christin, 2020). Christian Licoppe et Laurence Dumoulin (2019) ont de leur côté exploré comment l'utilisation de grandes bases de données jurisprudentielles à des fins de prédiction reconfigure l'autonomie des juges. La sociologie de l'action publique s'est également intéressée aux modèles, à travers l'étude de leurs usages à des fins de décision politique (Demortain, 2019a ; Aykut, Demortain et Benbouzid, 2019). La modélisation informe en effet l'action publique de plusieurs manières : en répondant à des situations d'incertitude par l'évaluation d'un risque, en proposant aux décideur·se·s des scénarios pour le futur entre lesquels il s'agit de trancher, en évaluant des politiques publiques. Dans cette veine, des travaux ont montré que la modélisation avait par

exemple contribué à structurer les politiques économiques dans les années 1960 en France (Angeletti, 2011) et à déterminer le changement de paradigme économique au Danemark (Henriksen, 2013). Les politiques environnementales sont également façonnées par la modélisation, support notamment des dispositifs marchands (Lascoumes, 2008 ; Aykut et Dahan, 2015) et de l'expertise prédictive des scénarios produits par le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat (GIEC) (Dahan, 2007). Au-delà des cas devenus classiques de l'économie et du climat, d'autres domaines d'action publique comme la justice (Licoppe et Dumoulin, 2019), la police (Benbouzid, 2019), l'agriculture (Cornilleau, 2016 ; 2019), l'énergie (Aykut, 2019), la régulation des produits chimiques (Boullier, Demortain et Zeeman, 2019) sont à la fois informés et façonnés par la modélisation.

Des politiques d'anticipation à la raison modélisatrice

Proposant une théorisation du rôle politique des modèles, Stefan C. Aykut et ses collègues revisitent le thème de la construction des futurs et de la performativité, classique en STS, sous l'angle de la « politique de l'anticipation » (Aykut, Demortain et Benbouzid, 2019). Leur ambition est de rendre compte des formes de concurrence entre savoirs d'anticipation et organisations modélisatrices, du rôle joué par les formes de validation – donnant souvent lieu à des opérations de standardisation – dans ces dynamiques concurrentielles, mais aussi des contestations internes et externes aux arènes scientifiques auxquelles ces savoirs donnent prise. Dans le cadre de ce dossier thématique, nous formulons une autre proposition : en référence à la « raison graphique » de Jack Goody (1979), nous proposons de parler de « raison modélisatrice » pour interroger la rationalité qui consiste à fabriquer des outils mathématiques pour analyser le réel, à les raffiner malgré leurs limites et à les faire durer malgré la critique. La raison modélisatrice prend également un second sens : celle des raisons de modéliser, suivant Olivier Martin (2020) et les « raisons de la quantification ». Pour quelles raisons, finalement, modélise-t-on ? En dépit de la variété aujourd'hui infinie des modèles et de leurs domaines d'application, la réponse à cette question tient toujours à la nécessité de ne pas entièrement dépendre des données. Qu'il s'agisse d'évaluer les risques des substances toxiques (Boullier, Demortain et Zeeman, 2019 ; Jouzel, 2019) ou d'anticiper la sécurité alimentaire mondiale (Cornilleau, 2019), les modèles sont construits et utilisés pour déterminer des choix lorsque les données sont douteuses, coûteuses, ou non encore produites. Ce constat simple invite à s'intéresser à la fragilité inhérente aux modèles : même si leur déploiement semble sans limite, ils restent des colosses aux pieds d'argiles, toujours susceptibles d'être fragilisés par de nouvelles données venant contredire leurs prédictions. La manière dont les données contraignent l'entreprise modélisatrice tient aussi au rôle de « médiation » que jouent les modèles entre théorie et données : Michel Armatte observait déjà que, si ce rôle de médiateur est souvent heuristique, il « perm[et], aussi que s'instaure entre eux un décalage "autiste" » (Armatte, 2010 : 17). La demande sociale et politique accrue pour les scénarios modélisés est susceptible de renforcer cette autonomisation et les fragilités associées, qu'il nous semble important d'explorer.

Sur la base de ces réflexions, et suivant une démarche classique en STS, nous défendons une analyse de la raison modélisatrice « en train de se faire », attentive à la matérialité des pratiques modélisatrices, mais aussi aux difficultés rencontrées par les modélisateur·rice·s, ainsi qu'aux obstacles qui existent lors des opérations de traduction vers d'autres mondes sociaux. Nous engageons ainsi à ouvrir les « boîtes noires » à toutes les étapes du cycle de vie d'un modèle, en pensant conjointement les enjeux ayant trait aux fragilités des bases de données, aux difficultés de la construction des modèles et aux jeux politiques auxquels donnent lieu les scénarios. En résumé, alors qu'une grande partie des travaux existants se sont intéressés au pouvoir des modèles et des modélisateur·rice·s, les articles réunis dans ce numéro thématique

ont ceci d'original qu'ils font le choix d'explorer au contraire les incertitudes et les pièges de la modélisation. Pour ce faire, ils ouvrent en particulier trois pistes de recherche : les épreuves et les limites de la modélisation pour la décision ; les incertitudes, les fragilités et les pièges de l'abstraction ; et enfin la résistance des modèles face à la critique.

Modéliser pour décider ? Le règne contrarié des modèles dans l'expertise

« Quels volumes alimentaires sont nécessaires pour que chacun·e ait de quoi manger dans trente ans ? » « Quel mix énergétique doit être promu pour garantir le respect des accords de la COP21 ? » « Combien de milliards d'euros vont coûter les nouveaux traitements contre le cancer arrivant ou étant en passe d'arriver sur le marché ? » « Quel effet le changement climatique va-t-il avoir sur les forêts, et réciproquement ? » Les questions auxquelles la raison modélisatrice entend apporter des réponses sont nombreuses, ce qui explique son intérêt croissant pour les décideur·se·s. Le rôle de l'expertise dans la décision a fait l'objet d'une attention toute particulière par la littérature sur l'instrumentation de l'action publique (Lascoumes et Le Galès, 2004 ; Halpern, Lascoumes et Le Galès, 2014), qui insiste sur la manière dont certains dispositifs techniques déterminent le réel et les options qui semblent s'offrir aux acteurs (Barry, 2001), mais aussi sur les possibilités de résistance auxquels ces dispositifs donnent prise (Le Bourhis et Lascoumes, 2014). Nous suivrons ici ces pistes d'analyses, en montrant comment la raison modélisatrice, si elle détermine certains horizons de la prise de décision, n'en fait pas moins l'objet de contestations que nous explorons sous deux angles : celui des asymétries dans l'accès aux arènes modélisatrices et celui des jeux politiques dans lesquels les décideur·se·s inscrivent les scénarios modélisés.

Le premier point a été exploré par les travaux portant sur la modélisation du risque chimique (Demortain, 2019b, Demortain et Boullier, 2019) : si la modélisation est une ressource précieuse de l'expertise, elle peut aussi apparaître comme un piège pour des acteurs ne disposant pas des données nécessaires à la production de modélisations et ne maîtrisant pas les techniques de calcul et de prédiction. Dans ce numéro, Ulrike Lepont constate que la modélisation parvient à se constituer progressivement en point de passage obligé (Callon, 1986) de la décision politique. Travaillant sur le cas des modèles budgétaires aux États-Unis en matière de protection maladie, elle montre comment la prévision s'est structurée à partir de 1993 au sein d'une communauté restreinte aboutissant à une situation de quasi-monopole. Certains cabinets et individus, comme le professeur d'économie au MIT⁸ Jonathan Gruber, bénéficient d'un « effet de réputation » et d'une offre peu fournie en modélisation pour s'imposer comme des interlocuteurs privilégiés de l'administration. L'autre apport de l'article d'Ulrike Lepont est de montrer que l'engagement de J. Gruber dans la modélisation est mis au service de la défense de certaines options politiques : ce cas rappelle que les modélisateur·rice·s sont parfois des expert·e·s qui ont « quelque chose à dire » sur le phénomène qu'ils et elles modélisent, et dont l'influence bénéficie de l'apparente scientificité de l'outil.

Pour autant, il ne faudrait pas surestimer le pouvoir des modélisateur·rice·s dans la décision, tant les jeux politiques auxquels se prêtent les décideur·se·s à partir des « sorties » et scénarios issus des modèles sont nombreux. Ainsi, l'influence de J. Gruber aurait probablement été bien moindre si son modèle ne permettait pas de scénariser une option politique, celle de l'*individual mandate*, qui jouit d'un fort soutien politique. Lorsque les modèles visent moins à scénariser les effets d'une politique publique qu'à prédire l'évolution d'un phénomène nuisible et incertain, le rapport entre l'action politique et la modélisation comporte un singulier paradoxe : tout l'enjeu de la décision est de permettre une action qui rende les prédictions du modèle factices. Le réchauffement climatique et la pandémie de SARS-CoV-2 montrent que la

⁸ *Massachusetts Institute of Technology.*

demande politique est de disposer de différents scénarios et de bouleverser ce qui adviendrait « si l'on ne faisait rien ». L'action politique vise ainsi potentiellement à défaire les prévisions qui sont à la base de ses choix, suivant l'affirmation du ministre de la Santé Olivier Véran sur les scénarios modélisés qu'« *il s'agit de faire mentir* ».

Dans ce numéro, Sofia Guevara Viquez explore l'articulation entre la raison modélisatrice et la raison budgétaire dans les décisions du secteur de l'aménagement urbain. Son article s'intéresse au travail de modélisation hydrologique, pris en charge par les promoteurs privés, par lequel ces derniers doivent prouver que leur opération immobilière n'aggraverait pas le risque d'inondation dans les zones exposées. Mobilisés comme une justification « scientifique » des décisions, les modèles se révèlent bien faibles dès lors qu'ils se confrontent à la raison budgétaire : leur visée préventive « *se heurte donc au caractère limité des budgets dans un contexte métropolitain où le foncier disponible est rare* ». Les projets immobiliers « sécurisés » (c'est-à-dire capables de résister à un risque d'inondation élevé) étant par ailleurs extrêmement coûteux, ce sont finalement les impératifs économiques qui l'emportent sur l'expertise mathématique déployée par les ingénieur·e·s dans leurs modèles prédictifs. Le recours à la modélisation dans la décision donne ainsi prise à des jeux politiques dans lesquels les modèles ne jouent parfois qu'un rôle de second ordre.

Incertitudes, fragilités et pièges de l'abstraction

La sociologie des pratiques modélisatrices a bien montré comment la raison modélisatrice et ses outils d'abstraction ne vont pas sans quelques maillons faibles qui peuvent potentiellement mettre en péril l'ensemble de la chaîne. Cela s'explique en premier lieu par l'objet de la raison modélisatrice, à savoir une prédiction ou *a minima* une projection à partir d'une multitude de données, ce qui implique une incertitude inhérente liée au caractère ouvert et indéterminé du futur. C'est parce qu'il existe des inconnues que les commanditaires et les producteurs de modélisation en viennent à recourir à un processus d'abstraction. « *En attendant d'autres données* », la formule de Vittoria Colizza, montre combien l'incomplétude des connaissances participe et même détermine la modélisation, pratique jamais finie ni aboutie, en attente permanente d'un supplément d'information venant réorienter les résultats.

Les articles présentés dans ce numéro éclairent d'autres facettes des fragilités de la raison modélisatrice. Antoine Dolez, à travers le cas de la recherche forestière, rappelle que les pratiques modélisatrices s'intègrent plus ou moins bien dans les champs de savoir dans lesquels elles se développent et qu'elles font parfois l'objet de critiques frontales. L'auteur montre que la demande politique pour les modèles, qu'il juge renforcée par le changement climatique, ne suffit pas à résoudre un décalage parfois fort entre les promesses technoscientifiques (Joly, 2015) de la modélisation d'une part, et la robustesse de leurs résultats d'autre part. L'apparente capacité de la modélisation à embrasser les différentes problématiques afférentes à la gestion des espaces forestiers ne suffit pas à la préserver de contestations et de critiques au sein de ce champ scientifique. Plusieurs chercheur·se·s interviewé·e·s par Antoine Dolez interrogent ainsi, non seulement les méthodes et la pratique modélisatrice, mais aussi son statut de connaissance incontournable, au détriment d'autres pans de savoirs qu'ils ou elles jugent pourtant essentiels. C'est ainsi qu'il faut à nos yeux lire cette phrase de l'un de ces acteurs : « *un modèle te sortira toujours un résultat* », un autre citant avec une pointe d'ironie les « *lendemains qui chantent de la télédétection et de la modélisation* ».

Enfin, le « tournant informatique » de la modélisation à partir du *big data*, s'il tend à mettre de côté les divergences théoriques au sein d'un champ de connaissances donné, suscite de nouveaux conflits. Antoine Dolez explique comment, soutenu par des institutions scientifiques puissantes comme le GIEC et par les structures de financement de la recherche, ce tournant sociotechnique a participé d'un « *impératif modélisateur* » qui caractérise selon lui certains

champs de recherche. Son analyse des relations entre communautés montre comment une nouvelle communauté de modélisateur·rice·s-informaticien·ne·s fait son entrée dans le domaine des recherches forestières, ce qui donne lieu à une lutte de juridiction avec les communautés sylvicole et écologiste, qui défendent leurs prérogatives en critiquant des informaticien·ne·s « *fort[e]s en modèles, mais qui ne connaissent plus le fonctionnement d'un arbre* » et en prônant un autre rapport à la modélisation et d'autres données pertinentes. Sofia Guevara Viquez montre que l'apparition de nouveaux modèles qui permettent de « *calculer les précipitations en temps réel, avec des calculs à chaque instant* », ainsi que la numérisation des données des topographiques, ont profondément changé les conditions de travail des ingénieur·e·s, qui devaient auparavant se déplacer pour effectuer des relevés et traiter leurs données manuellement. Pourtant, même si ces transformations ont renforcé le rôle des modèles dans l'évaluation du risque d'inondation conditionnant l'obtention d'un permis de construire, le *big data* n'a pas aboli les « bricolages » des modélisateur·rice·s, ni n'a permis de rendre leurs modélisations indiscutables.

Faire durer les modèles malgré les critiques

En abordant la question de la résistance des modèles face à la critique, les articles réunis dans ce dossier s'inscrivent dans la lignée des recherches qui explorent les effets d'inertie, voire de verrouillage, induits par la mise en œuvre de telles technologies. Comme de nombreux travaux l'ont montré, la montée en puissance de la modélisation s'appuie sur la mise en place d'infrastructures informationnelles indispensables au fonctionnement des modèles : des logiciels, des bases de données, des ordinateurs, des *data centers*. Or, un des enseignements des *infrastructure studies* est justement que la mise en place des telles infrastructures informationnelles passe par un travail de négociation et de standardisation qui leur fournit légitimité et robustesse (Bowker et Star 1999 ; Star et Ruhleder, 1996), et rend difficile la remise en cause des modèles qu'elles alimentent. Évidemment, des acteurs critiques parviennent parfois à faire émerger de nouvelles manières de modéliser (Cornilleau, 2019 ; Demortain 2019a), mais leur tâche est souvent rendue difficile par la légitimité et le pouvoir des modèles dominants, et par l'inertie des infrastructures qui leur permettent de fonctionner.

Le cas étudié par Laura Barbier et Soraya Boudia propose un déplacement par rapport à ces travaux sur l'« inertie » des infrastructures de modélisation, en montrant comment ces dernières résistent aux données inconfortables qui en questionnent le bien-fondé. Leur article rend compte des conditions qui ont permis au modèle d'estimation des effets des faibles doses de radiation utilisé par les autorités de la sûreté nucléaire de se maintenir sur le temps long. Fondé sur des données épidémiologiques obtenues sur les populations humaines exposées aux bombardements du Japon en 1945, ce modèle extrapole, sur la base des effets des fortes doses de radiation reçues dans ce contexte, les effets des faibles doses d'exposition, en adoptant l'hypothèse d'une « relation linéaire sans seuil ». Or les progrès de l'épidémiologie et la construction de grandes cohortes de travailleur·se·s, standardisées au niveau international, permettent aujourd'hui d'observer l'effet des faibles doses de radiation parmi les travailleur·se·s du nucléaire. Ces données, si elles ne contredisent pas frontalement le modèle de la relation linéaire sans seuil, n'en rendent pas moins visibles certains angles morts. Pourtant, le modèle utilisé par les autorités de la sûreté nucléaire reste aujourd'hui hégémonique dans le champ de la radioprotection. Sa longévité ne saurait être réduite au seul jeu de puissants intérêts économiques favorables au maintien du *statu quo* en matière de radioprotection. C'est sa souplesse et les bricolages entrepris par les modélisateur·rice·s qui lui permettent de résister à la critique, voire de la domestiquer pour l'intégrer sans changer substantiellement. Différentes opérations et déplacements contribuent à confiner les débats autour de ce modèle, permettant

de le faire évoluer de façon marginale et de légitimer ainsi les rapports de force en place en matière de radioprotection des travailleurs du nucléaire.

Promettant de rendre le futur plus prévisible, adossée à des techniques calculatoires de plus en plus sophistiquées et à des bases de données toujours plus massives, la raison modélisatrice semble vouée à coloniser sans fin de nouveaux domaines de la recherche scientifique et de la décision politique. À rebours de cette vision irénique de l'emprise de la modélisation, ce dossier invite à réfléchir à ce qui freine le déploiement de la raison modélisatrice, aux fragilités qui en rongent l'assise épistémique, aux contraintes qui pèsent sur la transformation des modèles en instruments d'action publique. Loin de tout déterminisme technologique, la raison modélisatrice ne s'impose qu'au prix d'un travail politique de négociation et de mise en scène de ses promesses, qui rend praticable l'écart irréductible entre les modèles et leurs données. Les espaces sociaux dans lesquels se déroulent ces négociations restent aujourd'hui faiblement investigués, ce dossier thématique constituant aussi à ce titre un jalon vers de futurs travaux.

références

Aeschimann É., 2020. 10 choses à savoir sur Neil Ferguson, l'épidémiologiste que tout le monde écoute face au Covid-19, *L'Obs*, 9 avril, <https://www.nouvelobs.com/coronavirus-de-wuhan/20200409.OBS27280/10-choses-a-savoir-sur-neil-ferguson-l-epidemiologiste-que-tout-le-monde-ecoute-face-au-covid-19.html>

Angeletti T., 2011. Faire la réalité ou s'y faire ? La modélisation et les déplacements de la politique économique au tournant des années 1970, *Politix*, 95 (3), 47-72.

Armatte M., 2009. Crise financière. Modèles du risque et risque de modèle, *Mouvements*, 58 (2), 160-176.

Armatte M., 2010. *La Science économique comme ingénierie. Quantification et modélisation*, Paris, Presses des Mines.

Armatte M., Dahan A., 2015. Modèles. De la représentation à l'action, in C. Bonneuil, D. Pestre D. (dir.), *Histoire des sciences et des savoirs. Tome 3 : Le siècle des technosciences (depuis 1914)*, Paris, Éditions du Seuil.

Aykut S. C., 2019. Reassembling Energy Policy: Models, Forecasts, and Policy Change in Germany and France, *Science & technology Studies*, 32 (4), 13-35.

Aykut S. C., Dahan A., 2015. *Gouverner le climat ? Vingt ans de négociations internationales*, Paris, Presses de Sciences-Po.

Aykut S. C., Demortain D., Benbouzid B., 2019. The Politics of Anticipatory Expertise: Plurality and Contestation of Futures Knowledge in Governance. Introduction to the Special Issue, *Science & technology Studies*, 32 (4), 2-12.

Barry A., 2001. *Political Machines: Governing a Technological Society*, London, The Athlone Press.

Benbouzid B., 2019. Values and Consequences in Predictive Machine Evaluation: A Sociology of Predictive Policing, *Science & Technology Studies*, 32 (4), 119-136.

Boullier H., Demortain D., Zeeman M., 2019. Inventing Prediction for Regulation: The Development of (Quantitative) Structure-Activity Relationships for the Assessment of Chemicals at the US Environmental Protection Agency, *Science & Technology Studies*, 32 (4), 137-157.

- Bowker G. C., Star S. L.**, 1999. *Sorting Things Out: Classification and its Consequences*, Cambridge, The MIT Press.
- Brayne S., Christin A.**, 2020. Technologies of Crime Prediction: The Reception of Algorithms in Policing and Criminal Courts, *Social Problems*, spaa004, <https://doi.org/10.1093/socpro/spaa004>.
- Burrell J., Fourcade M.**, 2021. The Society of Algorithms, *Annual Review of Sociology*, 47 (1), <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-090820-020800>.
- Callon M.**, 1986. Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc, *L'Année sociologique (1940/1948-)*, Troisième série, 36, 169-208.
- Callon M. (ed.)**, 1998. *The Laws of the Markets*, Oxford, Blackwell.
- Callon M.**, 2007. What Does It Mean to Say That Economics Is Performative?, in D. MacKenzie, F. Muniesa, L. Siu (eds), *Do Economists Make Markets? On the Performativity of Economics*, Princeton, Princeton University Press, 311–357.
- Cardon D.**, 2015. *À quoi rêvent les algorithmes. Nos vies à l'heure des big data*, Paris, Éditions du Seuil.
- Cartwright N.**, 1983. *How the Laws of Physics Lie*. Oxford, Clarendon Press.
- Christin A.**, 2020. *Metrics at Work: Journalism and the Contested Meaning of Algorithms*, Princeton, Princeton University Press.
- Cornilleau L.**, 2016. La modélisation économique mondiale, une technologie de gouvernement à distance ? Généalogie, circulations et traductions d'un modèle de la sécurité alimentaire globale de l'IFPRI, *Revue d'anthropologie des connaissances*, 10 (2), 171-196.
- Cornilleau L.**, 2019. Magicians at Work: Modellers as Institutional Entrepreneurs in the Global Governance of Agriculture and Food Security, *Science & Technology Studies*, 32 (4), 58-77.
- Dagiral É., Parasio S.**, 2017. La « science des données » à la conquête des mondes sociaux. Ce que le « Big Data » doit aux épistémologies locales, in P.-M. Menger, S. Paye (dir.), *Big data et traçabilité numérique. Les sciences sociales face à la quantification massive des individus*, Paris, Collège de France, 85-104.
- Dahan A. (dir.)**, 2007, *Les modèles du futur. Changement climatique et scénarios économiques : enjeux scientifiques et politiques*, Paris, La Découverte.
- Demortain D.**, 2019a. Les jeux politiques du calcul. Sociologie de la quantification dans l'action publique, *Revue d'anthropologie des connaissances*, 13 (4), 953-972.
- Demortain D.**, 2019b. Modèles d'effets, effets des modèles. Calcul des doses et pouvoir industriel dans la gouvernance des produits chimiques, *Revue d'anthropologie des connaissances*, 13 (4), 1063-1096.
- Demortain D., Boullier H.**, 2019. Une expertise de marché. Anticipations marchandes et construction des méthodes toxicologiques dans la réglementation des produits chimiques aux États-Unis, *Revue française de sociologie*, 60 (3), 429-456.
- Desrosières A.**, 1993. *La Politique des grands nombres. Histoire de la raison statistique*, Paris, La Découverte.
- Desrosières A.**, 2008. *L'Argument statistique. Tomes I et II*, Paris, Presses des Mines.

- Didier E.**, 2009. *En quoi consiste l'Amérique ? Les statistiques, le New Deal et la démocratie*, Paris, La Découverte.
- Espeland W.**, 2015. Narrating Numbers, in R. Rottenburg, S. E. Merry, S.-J. Park, J. Mugler (eds), *The World of Indicators: The Making of Governmental Knowledge through Quantification*, Cambridge, Cambridge University Press, 56-75.
- Fourcade M.**, 2006. The Construction of a Global Profession: The Transnationalization of Economics, *American Journal of Sociology*, 112 (1), 145-194.
- Fox Keller E.**, 2000. Models of and Models for: Theory and Practice in Contemporary Biology, *Philosophy of Science*, 67, S72-S86.
- Franceinfo**, 2021. Covid-19 : les épidémiologistes se sont-ils trompés dans leurs modélisations, comme l'insinue Emmanuel Macron ?, *francetvinfo.fr*, 26 mars, https://www.francetvinfo.fr/sante/maladie/coronavirus/confinement/covid-19-les-epidemiologistes-se-sont-ils-trompes-dans-leurs-modelisations-comme-l-insinue-emmanuel-macron_4348183.html
- Gaudillière J-P., Izambert C., Juven P.-A.**, 2021. *Pandémopolitique. Réinventer la santé en commun*, Paris, La Découverte.
- Goody J.**, 1979, *La raison graphique. La domestication de la pensée sauvage*, Paris, Editions de Minuit.
- Halpern C., Lascoumes P., Le Galès P. (dir.)**, 2014. *L'Instrumentation de l'action publique. Controverses, résistances, effets*, Paris, Presses de Sciences-Po.
- Henriksen L. F.**, 2013. Economic Models as Devices of Policy Change: Policy Paradigms, Paradigm Shift, and Performativity, *Regulation & Governance*, 7 (4), 481-495.
- Israël G.**, 1996. *La Mathématisation du réel. Essai sur la modélisation mathématique*, Paris, Éditions du Seuil.
- Jaton, F.**, 2021. *The Constitution of Algorithms: Ground-Truthing, Programming, Formulating*, Cambridge, The MIT Press.
- Joly P.-B.**, 2015. Le régime des promesses technoscientifiques, in M. Audétat (dir.), *Sciences et technologies émergentes. Pourquoi tant de promesses ?* Paris, Hermann, 31-47.
- Jouzel J.-N.**, 2019. *Pesticides. Comment ignorer ce que l'on sait*, Paris, Presses de Sciences-Po.
- Keck F., Lachenal G.**, 2019. Simulations of Epidemics: Techniques of Global Health and Neo-Liberal Government, in A. H. Kelly, F. Keck, C. Lynteris (dir.), *The Anthropology of Epidemics*, London, Routledge.
- Kieken H.**, 2004. RAINS. Modéliser les pollutions atmosphériques pour la négociation internationale, *Revue d'histoire des sciences*, 57 (2), 377-406.
- Larousserie D., Hecketsweiler C.**, 2021. « Si on fait le choix de garder les écoles ouvertes, il faut être prêt à fermer beaucoup d'autres choses ». Entretien avec Vittoria Colizza, *Le Monde*, 27 janvier, https://www.lemonde.fr/planete/article/2021/01/27/vittoria-colizza-avec-le-variant-britannique-le-nombre-de-cas-peut-augmenter-tres-vite-malgre-les-mesures-de-distanciation-sociale_6067715_3244.html
- Lascoumes P.**, 2008. Les politiques environnementales, in O. Borraz, V. Guiraudon (dir.), *Politiques publiques. Tome I : La France dans la gouvernance européenne*, Paris, Presses de Sciences-Po, 29-67.

Lascoumes P., Le Galès P. (dir.), 2004. *Gouverner par les instruments*, Paris, Presses de Sciences-Po.

Le Bourhis J.-P., Lascoumes P., 2014. En guise de conclusion. Les résistances aux instruments de gouvernement. Essai d'inventaire et de typologie des pratiques, in C. Halpern, P. Lascoumes, P. Le Galès (dir.), *L'Instrumentation de l'action publique. Controverses, résistances, effets*, Paris, Presses de Sciences Po, 493-520.

Licoppe C., Dumoulin L., 2019. Le travail des juges et les algorithmes de traitement de la jurisprudence. Premières analyses d'une expérimentation de « justice prédictive » en France, *Droit et société*, 103 (3), 535-554.

MacKenzie D., 2006. *An Engine, Not a Camera: How Financial Models Shape Markets*, Cambridge, The MIT Press.

Martin O., 2020. Raisons de la quantification, in *L'Empire des chiffres. Une sociologie de la quantification*, Malakoff, Armand Colin, 203-241.

Mansnerus E., 2013. Using Model-Based Evidence in the Governance of Pandemics, *Sociology of Health & Illness*, 35 (2), 280-291.

Morgan M. S., 2012. *The World in the Model: How Economists Work and Think*, Cambridge, Cambridge University Press.

Morgan M. S., Morrison M. C. (eds), 1999. *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Science*, Cambridge, Cambridge University Press.

Pawson R., 2021. The Coronavirus Response: Boxed in by Models, *Evaluation*, 27 (2), 149-167.

Porter T., 1995. *Trust in Numbers: The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life*, Princeton, Princeton University Press.

Star S. L., Ruhleder K., 1996. Steps Toward an Ecology of Infrastructure: Design and Access for Large Information Spaces, *Information Systems Research*, 7 (1), 111-134.

Henri Boullier est chargé de recherche CNRS rattaché à l'IRISSO. Il travaille sur les dynamiques de production et de contestation des connaissances scientifiques et des savoirs réglementaires, dans les domaines de la chimie industrielle, des pesticides, et des antibiotiques vétérinaires.

henri.boullier@dauphine.psl.eu

Lise Cornilleau est maîtresse de conférences à l'UVSQ rattachée au laboratoire Printemps. Elle travaille sur la gouvernance mondiale de l'alimentation depuis la crise de 2008, au croisement des *science and technology studies*, de la sociohistoire de la quantification et de la sociologie de l'action publique et du droit.

lise.cornilleau@uvsq.fr

Jean-Noël Jouzel est sociologue au CSO et membre du comité de rédaction de *terrains & travaux*. Il travaille sur les controverses en santé environnementale et en santé au travail, avec un intérêt particulier pour les enjeux de production d'ignorance sur les effets des produits toxiques (pesticides, solvants, nanomatériaux).

jeannoel.jouzel@sciencespo.fr

Pierre-André Juven est chargé de recherche au CNRS rattaché au Cermes3. Il s'intéresse à la construction des prix des médicaments « innovants » contre le cancer, ainsi qu'aux effets de ces prix sur l'organisation des soins, des représentations et des pratiques médicales.

pierre-andre.juven@cnrs.fr