



**HAL**  
open science

## Normativité des modèles et régimes du futur

Fabrizio Li Vigni

► **To cite this version:**

Fabrizio Li Vigni. Normativité des modèles et régimes du futur. Revue d'Anthropologie des Connaissances, 2020, 14 (1), 10.4000/rac.4261 . halshs-03648756

**HAL Id: halshs-03648756**

**<https://shs.hal.science/halshs-03648756v1>**

Submitted on 21 Apr 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.

## Normativité des modèles et régimes du futur

Trois communautés d'anticipation dans les sciences de la complexité

*Normativity of models and future regimes. Three anticipation communities in complex systems sciences*

*Normatividad de los modelos y regímenes del futuro. Tres comunidades de anticipación en las ciencias de la complejidad*

Fabrizio Li Vigni

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/rac/4261>

ISSN : 1760-5393

### Éditeur

Société d'Anthropologie des Connaissances

Ce document vous est offert par Bibliothèque cantonale et universitaire Lausanne



### Référence électronique

Fabrizio Li Vigni, « Normativité des modèles et régimes du futur », *Revue d'anthropologie des connaissances* [En ligne], 14-1 | 2020, mis en ligne le 01 mars 2020, consulté le 05 janvier 2021. URL : <http://journals.openedition.org/rac/4261>

---

Ce document a été généré automatiquement le 5 janvier 2021.



Les contenus de la *Revue d'anthropologie des connaissances* sont mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

---

# Normativité des modèles et régimes du futur

Trois communautés d'anticipation dans les sciences de la complexité

*Normativity of models and future regimes. Three anticipation communities in complex systems sciences*

*Normatividad de los modelos y regímenes del futuro. Tres comunidades de anticipación en las ciencias de la complejidad*

Fabrizio Li Vigni

---

## Introduction

- 1 Les « sciences des systèmes complexes » constituent un espace épistémique, social et institutionnel transnational, rassemblant de nombreux scientifiques issus de disciplines différentes, qui partagent, entre autres, un certain nombre d'outils numériques et, selon les différentes sous-communautés qui les composent, plusieurs visions communes de la nature et de la société. Aussi abordé par des livres de vulgarisation que peu étudié d'un point de vue historique et sociologique, ce regroupement de chercheurs hétérogènes est souvent traité avec la formule unifiante de « complexity science » (Helmreich, 1998 ; Schweber & Wächter, 2000 ; Mitchell, 2009 ; Varenne, 2009 ; Williams, 2012 ; Li Vigni, 2018). En conduisant des recherches historiques et sociologiques sur cet objet social à la fois médiatisé et méconnu, on s'aperçoit que « la » science de la complexité n'existe pas : ce qui existe, c'est un label sous lequel un ensemble de chercheurs de cultures différentes s'associent pour partager un ensemble d'instruments d'enquête, pour repérer des financements de recherche et pour faire vivre des espaces institutionnels, surtout des instituts et des colloques internationaux (les revues n'étant pas un moyen très investi). Paru dans les années 1970 en Europe et aux États-Unis et consacré sur le plan international par le Santa Fe Institute (SFI) dans les années 1980, ce label regroupe quelques milliers de scientifiques issus des sciences naturelles, sociales et de l'ingénieur se proposant d'étudier les

« systèmes complexes ». Ceux-ci sont définis généralement comme des ensembles composés de nombreux éléments en interaction réciproque et donnant lieu à des propriétés émergentes. Des exemples en sont les réseaux génétiques, les écosystèmes, les villes, les marchés financiers, les épidémies, etc. Les représentant·es des sciences de la complexité se proposent d'étudier de tels objets d'étude « multi-échelles », « non-linéaires » et « évolutifs » par des outils informatiques, mathématiques et physiques, comme la théorie des réseaux, les modèles à base d'agents, les automates cellulaires, les algorithmes génétiques, les mathématiques des systèmes dynamiques ou la physique statistique. Médiatisé par de nombreux livres de vulgarisation à succès (Gleick, 1998 ; Waldrop, 1992 ; Gell-Mann, 1994 ; Holland, 1996 ; Axelrod & Cohen, 1999 ; Levin, 1999 ; Johnson, 2001 ; Gribbin, 2004 ; Johnson, 2009 ; Fisher, 2009 ; Kuhn, 2009 ; Holland, 2014) et par plusieurs dossiers thématiques de revues à comité de lecture (*Nature*, *Science*) ou de journalisme scientifique (*La Recherche*, *Science & avenir*), le label institué par le SFI n'a pas cessé, depuis la fin des années 1980, d'influencer les sciences, l'économie, la gestion, la culture populaire, l'art contemporain et même les discours politiques (Conner, 1998 ; Taylor, 2003 ; Urry, 2005 ; OECD, 2017 ; Li Vigni, 2018). Si les origines, les pratiques, les épistémologies et les institutions des sciences de la complexité n'ont été que faiblement abordées dans la littérature des sciences humaines et sociales, l'aspect axiologique et politique, c'est-à-dire les engagements des chercheur·es s'inscrivant dans la « science de la complexité », n'a fait l'objet d'aucune recherche. En choisissant cette dernière porte d'entrée, cet article se propose de mettre en exergue la diversité des groupes sociaux et des pratiques scientifiques en présence dans cet espace. Nous suivons ici le chemin le moins balisé, concernant le rapport des chercheur·es à l'anticipation et à la prédiction, ainsi que leurs visions normatives – à savoir leurs idéologies et leur vision des rapports science-société – telles qu'elles s'inscrivent dans leurs discours, dans leurs modèles et dans leurs activités de conseil s'adressant à des acteur·trices extra-académiques, tels les pouvoirs publics, les ONG et les entreprises.

- 2 Les chercheur·es des sciences de la complexité, tous sous-groupes confondus, ont toujours été ambivalent·es quant à la possibilité d'anticiper le futur. Les fondateurs de ce label l'ont souvent promu en le décrivant comme la « science du XXI siècle » (SFI, 2009 ; IXXI, 2005), capable de transformer les nations qui seront à même de la maîtriser dans les « superpuissances économiques, culturelles et politiques du siècle prochain » (Pagels, 1989). En même temps, pendant longtemps les praticien·nes des systèmes complexes n'ont pas souhaité fournir leur expertise à des fins prédictives. Certes, en 1988, certains membres du SFI lancèrent un programme interdisciplinaire de recherche pour simuler et prédire le futur géopolitique de la planète dans le contexte de la guerre froide, et produisirent un modèle théorique vaste et compliqué qui n'allait pas sans rappeler le fameux « World 3 », que le Club de Rome avait publié dans son *Halte à la croissance* en 1972 (SFI, 1988 ; Meadows *et al.*, 1972). Mais ce type d'initiatives sont restées rares au sein de l'espace des sciences des systèmes complexes jusqu'au début des années 2000. Ce n'est pas un hasard si l'un des leitmotivs de ce groupement de chercheur·es a souvent porté l'attention sur l'imprédictibilité intrinsèque des systèmes complexes (Sardar & Ravetz, 1994). Certains considèrent en effet comme impossible le fait d'anticiper précisément et sur le long terme l'évolution des systèmes non-linéaires, du fait de leur sensibilité aux conditions initiales (des petits événements pouvant provoquer des effets énormes au fil du temps) (Homer-Dixon, 2011). Aujourd'hui la situation s'est sensiblement diversifiée. Si certain·es représentant·es du label de la complexité ne se posent pas le problème de l'anticipation de leurs objets d'étude,

puisqu'ils-elles s'intéressent davantage à leur compréhension (Camazine *et al.*, 2003), d'autres s'y attaquent quotidiennement. Parmi ceux-ci, d'aucun·es jugent possible d'anticiper les grandes tendances de certains systèmes sur le long terme plus que sur le court terme (Samet, 2013), tandis que d'autres se tournent vers le court terme pour le prédire avec précision et en détail, à l'aide de simulations prenant en compte la trajectoire des individus dans des systèmes aussi grands qu'une nation (Del Valle, 2016).

- 3 Aujourd'hui, les chercheur·es inscrit·es dans la géographie quantitative et dans l'épidémiologie computationnelle sont, avec les écologues, les économistes et les praticien·nes de la « vie artificielle », les mieux organisés·es parmi ceux·celles présent·es dans les instituts de la complexité. Les représentant·es de ces spécialités ne travaillent pas tout·es directement sur l'activité d'anticipation, de prédiction ou de scénarisation. Mais les géographes quantitativistes et les épidémiologistes computationnels aspirent à le faire et deviennent de plus en plus sollicités·es ou accueilli·es dans les milieux extra-académiques pour fournir de l'expertise en cette matière. Très tournée·s vers le futur, géographes et épidémiologistes des systèmes complexes donnent à voir leurs projets politiques dans l'interface qu'ils-elles entretiennent avec les ONG, les entreprises et les pouvoirs publics en matière de conseil. De manière intéressante, l'étude du rapport que les chercheur·es de ces deux spécialités entretiennent avec les futurs constitue un lieu privilégié pour observer la diversité des formes d'articulation entre la production des connaissances et les points de vue normatifs dont sont porteurs les scientifiques de la complexité.
- 4 Les terrains de la géographie quantitative et de l'épidémiologie computationnelle – dont les membres se connaissent de par leur implication dans la structuration internationale du champ des systèmes complexes<sup>1</sup> – se sont imposés à nous pour leurs activités de conseil, mais aussi pour leur forte présence dans les instituts de la complexité que nous avons étudiés lors de notre recherche doctorale. Ces deux spécialités montrent la forte interdépendance entre la manière d'entendre l'avenir (déterministe / imprédictible, ouvert / fermé) à la manière dont on le connaît (les modèles peuvent le prédire ou pas ?) et à la manière dont on se comporte vis-à-vis de lui (on l'accompagne, on le construit *ex novo* ou on l'évite ?). Ainsi, par exemple, considérer que le futur est prédictible par des simulations permet aux modélisateur·trice·s de se rendre utiles aux yeux des décideurs politiques en matière de scénarisation urbaine ou épidémiologique, tandis que si les modèles ne sont qu'heuristiques on se montrera plus réticent·e face à l'idée d'offrir du conseil à des acteur·trice·s extra-académiques. Ces différentes attitudes dépendent donc de la « fonction épistémique »<sup>2</sup> que les chercheur·es attribuent à leurs simulations (Varenne, 2013).
- 5 Pour tenir ensemble toutes ces dimensions (rôles des modèles, points de vue normatifs, représentation des futurs, activités de conseil), le concept de *communauté d'anticipation*, tel qu'il a été proposé par la sociologue Céline Granjou (Granjou, 2016), s'est révélé particulièrement éclairant et opérationnel. Ainsi on verra que les chercheur·es constituant une première communauté attribuent une ontologie plate et concurrentielle aux systèmes qu'ils-elles étudient, et voient leurs simulations comme capables d'anticiper le futur, pour infléchir la flèche qui va du présent vers l'avenir. De manière similaire, la deuxième communauté anticipe le futur, non pas pour créer un nouvel avenir mais pour éviter le pire, dans une lecture des systèmes complexes comme étant régis par un acteur central puissant (tel l'État). Les membres d'une

troisième communauté partagent une ontologie symétrisante et coopérative des systèmes étudiés, et voient leurs simulations comme des outils pédagogiques plus que prospectifs, afin d'encapaciter des publics non-scientifiques, dans le but de leur permettre de changer le cours des choses. Ainsi, il émerge que, si les activités de simulation/anticipation des deux premiers groupes dépolitisent le rapport au futur, les membres du troisième groupe au contraire travaillent à le repolitiser, en cherchant à rendre les « parties prenantes » avec qui ils-elles collaborent plus capables d'intervenir sur leurs affaires collectives.

- 6 Un encadré de méthodes présente brièvement la géographie quantitative et l'épidémiologie computationnelle, l'intérêt qu'elles revêtent pour les études sur les futurs et le matériau empirique sur lequel se base le présent article. La première section de l'article illustre le concept de *communauté d'anticipation*, en lui apportant quelques modifications par rapport à sa version originale, afin de l'adapter à l'objet d'étude de ce texte. La troisième section présente les trois communautés d'anticipation que j'ai pu dégager à partir des deux spécialités étudiées – la liste n'est pas exhaustive et bien d'autres communautés peuvent être détectées au sein des sciences de la complexité. Céline Granjou a attribué un nom différent à chacun des quatre groupes d'expert·es de biodiversité qu'elle a décrits dans ses travaux, cela en fonction de l'approche technoscientifique et gestionnaire prépondérante à l'intérieur de ces communautés<sup>3</sup>. À notre tour, pour nommer les trois groupes décrits dans cet article, nous avons suivi une logique similaire, en faisant appel au type d'activité de conseil menée et au savoir mobilisé :

- la *communauté du conseil urbanistique* ;
- la *communauté d'aide à la décision épidémiologique* ;
- la *communauté de la modélisation d'accompagnement socio-écologique*.

### **Encadré de méthodes. La géographie quantitative et l'épidémiologie computationnelle**

La géographie quantitative apparaît dans les années 1960 à l'initiative de quelques chercheur·es anglo-saxon·nes et français·es (Berry & Pred, 1965 ; Robson, 1973 ; Pumain, 1982). Elle s'inspire principalement de la physique et vise à fournir un accompagnement à la décision occasionnelle. Cette spécialité s'est enrichie et renouvelée grâce aux sciences de la complexité. De l'autre côté, l'épidémiologie computationnelle a été fondée dans les années 2000 par un petit nombre d'expert·es des réseaux complexes, s'inspire de la météorologie et ambitionne de constituer une infrastructure nationale et internationale pour la prédiction continue des pics épidémiques (Grüne-Yanoff, 2011 ; Pias, 2011 ; Opitz, 2017).

Ces deux spécialités ont en commun le fait d'avoir une place relativement marginale au sein du champ disciplinaire plus vaste qui leur est propre, puisque les représentant·es sont peu nombreux·ses et souvent négligé·es ou bien parce qu'ils-elles sont critiqué·es par leurs pairs du fait de leur approche computationnelle, considérée comme réductionniste (Cuyala, 2014 ; Varenne, 2017 ; Krieger, 2011 ; Ahrens & Pigeot, 2014). En outre, ces deux spécialités utilisent de manière prioritaire les outils de recherche employés dans les sciences de la complexité, à savoir les modèles à base d'agents, la théorie des réseaux et les lois de puissance.

Parmi les autres domaines qui se sont nourris des sciences de la complexité – l'écologie théorique, l'éthologie des insectes, l'économie computationnelle, les sciences cognitives, la physique statistique, la physique des matériaux, l'immunologie, etc. –, les deux spécialités traitées ici ont la caractéristique de se tourner souvent vers des acteur-trice-s hors académie pour chercher une utilité sociale<sup>4</sup>. Elles entretiennent notamment des liens, plus ou moins forts, avec différentes catégories d'acteur-trice-s : entreprises, pouvoirs publics et ONG. Force est de constater que ces activités de conseil, d'expertise et de collaboration extra-académiques sont un aspect clé des relations des chercheur-e-s au futur, puisque c'est là, dans ces activités intermédiaires, qu'ils-elles fabriquent le type de « pertinence » sociale et politique de leur travail de recherche. Toutefois, l'arène principale vers laquelle les deux spécialités en question se tournent lorsqu'elles sont en quête de légitimité n'est pas la même.

La géographie quantitative investit principalement l'arène scientifique, tandis que l'épidémiologie computationnelle, qui se veut une branche de l'épidémiologie de terrain, investit aussi et surtout l'arène politique. En ce sens, les épidémiologistes computationnel-le-s ne sont pas comparables aux health policy analysts décrits par Lepont (2017). Ces dernier-e-s se proposent aux autorités publiques en tant qu'expert-e-s professionnel-le-s fournissant un savoir appliqué « politiquement faisable », sans disposer de la légitimité scientifique habituellement requise des expert-e-s. Si les health policy analysts ont réussi à asseoir leur légitimité d'expert-e-s hybrides et attentif-ve-s à la « demande politique », par le biais de la fondation d'un nouveau savoir (méconnu par les académicien-ne-s de la santé publique) et par un intense travail de lobbying auprès des autorités et des fondations privées, les épidémiologistes computationnel-le-s ambitionnent des postes à l'intérieur des institutions universitaires et de recherche. Mais, du fait de leur parcours formatif et professionnel extérieur au domaine de la santé publique, ces ex-physicien-ne-s aspirent à la consécration gouvernementale afin d'asseoir leur légitimité scientifique. Du fait de cette existence double, ils-elles se présentent généralement avec une posture de conseil « neutre ».

Pour le présent texte, je mobilise quatorze entretiens menés avec des géographes, des informaticiens, un écologue, une agronome, un économiste, une directrice de think tank et un président d'ONG pour appréhender deux des communautés décrites dans cet article, toutes les deux liées à la géographie quantitative. Les personnes interviewées se situent à Santa Fe, à Londres, à Paris, à Rouen et à Grenoble. De l'analyse biographique de ces chercheur-e-s émerge une distinction assez nette entre les ainsi dits « thématicien-ne-s » de formation (géographes, agronomes, etc.) et les informaticien-ne-s de formation. Les profils intermédiaires – tel un-e informaticien.ne qui devient géographe ou un-e géographe qui devient autonome dans la modélisation numérique – restent rares.

En ce qui concerne la troisième communauté, ancrée uniquement dans l'épidémiologie computationnelle, j'ai pu rencontrer, à Los Alamos, Boston, Paris et Turin, treize épidémiologistes computationnel-le-s, dont aucune n'est issue des disciplines de santé publique, et deux fonctionnaires d'instituts de santé publique.

Si ces dernière-s ont une formation en épidémiologie, les première-s proviennent toute-s de la physique, des mathématiques, de l'informatique, des statistiques ou (dans un seul cas) de la biologie. Ceci explique pourquoi, à la différence des géographes quantitativistes française-s, chez les épidémiologistes computationnel les d'Europe et d'Amérique on n'observe pas de clivages très nets en ce qui concerne la division du travail, puisque tout le monde est capable de modéliser.

Les visites de laboratoire sur lesquelles se fonde cet article ont été faites auprès des laboratoires suivants pour la géographie quantitative :

- Santa Fe Institute, Santa Fe, en septembre 2016 ;
- Géographie-cités, Université Sorbonne Paris 1 et CNRS, à plusieurs reprises entre 2015 et 2017 ;
- Institut des Systèmes Complexes-Paris Ile de France, à plusieurs reprises entre 2015 et 2017.

Et auprès des suivants pour l'épidémiologie computationnelle :

- EPIcx, INSERM, Paris, en juillet 2015 et en mai 2017 ;
- Los Alamos National Laboratory (LANL), Los Alamos, en septembre 2016 ;
- Network Science Institute (NETSI) (Northeastern University), Boston, en septembre 2016 ;
- Institute for Scientific Interchange (ISI), Turin, en février 2017.

## Définition du concept de communauté d'anticipation

- 7 À partir de la notion de *communauté épistémique* de Peter Haas (1989), Céline Granjou et Isabelle Arpin ont proposé le concept d'*engagement épistémique* pour décrire « le travail de recherche *en tant qu'*engagement éthique et politique tourné vers la production d'un certain type de connaissances »<sup>5</sup> (Granjou et Arpin, 2015, p. 1025). Le concept de *régime d'anticipation*, proposé par Granjou (2016) un an plus tard, élargit la portée de l'*engagement*, en l'ancrant davantage dans la manière dont ces groupes de savant-e-s engagé-e-s se positionnent par rapport au futur. Ce concept définit un ensemble de chercheur-e-s, expert-e-s et manager-euse-s partageant la manière d'entendre le type de problèmes et enjeux environnementaux qui importent aujourd'hui et dans l'avenir, la manière d'appréhender leurs objets d'étude, la représentation de l'interfaçage science-politique et le genre de prescriptions politiques. La formule d'*engagement épistémique* mettait l'accent sur le fait que les acteur-trice-s développent leurs engagements et leurs visions du monde *dans le contexte* de leurs pratiques. Dans le *régime d'anticipation*, il s'agit de mettre en avant le fait que les engagements épistémiques consistent à développer un certain agenda de connaissance qui prend sens par rapport à de grands scénarios et enjeux environnementaux (ayant trait à l'évolution en cours et futur de l'environnement), dans lesquels les chercheur-e-s situent la pertinence de leurs travaux.
- 8 Même si la notion est présentée sous le nom de *régime*, je préfère ici employer le terme de *communauté*, que la sociologue dans son texte emploie comme synonyme du premier, et cela pour deux raisons. D'abord, puisque je souhaite mettre en lumière davantage la dimension sociale du groupe que son mode de fonctionnement épistémique. Les membres de chacune de ces communautés collaborent dans des projets et des



événements scientifiques transnationaux, et ils sont associés à des instituts et à des sociétés savantes dédiés à l'étude des systèmes complexes. Ensuite, parce que j'emploie le terme de *régime des futurs* (voir plus bas), par conséquent l'emploi de *communauté* évite une confusion entre phénomènes et niveaux d'analyse différents.

- 9 Quatre caractéristiques des activités des acteur-trice-s sont pris en compte pour décrire les trois communautés. La première caractéristique porte le nom de *vision des systèmes complexes* et tâche de décrire la structure, l'échelle et le fonctionnement que les scientifiques attribuent aux systèmes complexes qu'ils étudient. Je dégage cela des descriptions, des métaphores, des graphes et des modèles que les acteur-trice-s font eux-mêmes dans leurs travaux et dans les entretiens.
- 10 Pour définir une communauté, je prends également en compte le *cadre onto-épistémique*<sup>6</sup>, qui décrit les savoirs, les pratiques et les ontologies mobilisés par les chercheur-e-s. Prendre en compte la manière dont les scientifiques *voient* et connaissent la nature et la société qu'ils étudient, c'est fondamental pour comprendre les différentes attitudes qu'ils peuvent avoir face à la « société civile » et aux pouvoirs publics.
- 11 En troisième lieu, je propose de décrire les *activités transépistémiques* des chercheur-e-s (Knorr-Cetina, 1982). Ce concept met l'accent sur le fait que les scientifiques sortent du laboratoire pour interagir avec des figures professionnelles autres qu'académiques, et cela pour des raisons bureaucratiques, de financement, de légitimité ou d'engagement sociopolitique. Il s'agit de voir quelle est leur conception de l'expertise et du rapport entre science et société : la science pour eux est-elle neutre, ou peut-elle être engagée ? Quel est le rôle du scientifique face aux pouvoirs publics, aux ONG et aux entreprises ? Et puis, est-ce que l'engagement, là où il est reconnu, est l'apanage des scientifiques et des expert-e-s, ou est-il ouvert à d'autres groupes sociaux ? Enfin, à quel moment et comment s'opèrent les choix d'ordre épistémique et axiologique ? Pour dénicher le regard normatif des scientifiques, j'ai surtout pris en compte leurs modèles. Les STS ont plusieurs fois interrogé la prétendue neutralité des modèles technoscientifiques, en montrant que ceux-ci ne sont jamais délestés de charges d'ordre métaphysique et normatif (Martin, 1991 ; Taylor & Buttel, 1992 ; Helmreich, 2000 ; Nading, 2015 ; Vieille-Blanchard, 2007).
- 12 Enfin, je décris les *régimes du futur* : pour chaque communauté d'anticipation, il s'agira de déterminer dans quelle catégorie elle s'inscrit parmi celles repérées par Chateauraynaud et Debaz (2018) : urgence, attente, anticipation, prévision, prospective, promesse, prophétie ou science-fiction ? Et puis, comment le temps y est-il conçu ? Linéaire ou non-linéaire, ouvert ou fermé, lent ou accéléré ? Quelle logique d'action impliquent-ils ces régimes ? On peut en effet agir sur un processus en cours en se basant sur des précédents pour anticiper la suite, ou calculer un temps linéarisé pour planifier l'avenir, ou bien s'ouvrir aux possibles et fabriquer plusieurs scénarios, puisque le futur est incertain. Comment les communautés se comportent-elles en fonction de l'avenir ? Est-ce que leurs membres se proposent de construire un monde plus désirable ou bien se concentrent-ils sur le fait de déjouer un avenir indésirable ? Dans quelle direction se dirige la flèche du temps à leurs yeux ? Va-t-elle du présent vers le futur ou procède-t-elle du futur vers le présent ? Et enfin, quelle fonction les scientifiques attribuent-ils à leurs modèles/simulations ? Concrètement : une chercheur-e qui doute du pouvoir prédictif de son instrument sera moins encline à le mettre à disposition d'un quelconque organisme à des fins de conseil.

- 13 Les communautés d'anticipation se distinguent des « communautés d'attentes » ou « de promesses », telles qu'elles ont été thématiques par exemple par Brown (2003) et Borup *et al.* (2006), en ceci que dans les premières le régime discursif de la promesse n'est pas le centre de l'affaire et que la normativité qui nous intéresse ici n'est pas celle contenue dans les stratégies que les chercheur·es mettent en place pour gagner en légitimité et obtenir du crédit (symbolique ou financier). En employant le concept de communauté d'attentes pour étudier un groupe d'expert·es, je me focalise sur comment les promesses structurent les pratiques de recherche, de collecte de fonds et d'institutionnalisation d'un nouveau domaine technoscientifique ; j'analyse la normativité des promesses, qui deviennent des modes opératoires d'atteindre un futur désiré ; et je met en exergue comment un discours prophétique peut œuvrer pour son auto-réalisation (bien que le processus puisse rater ou devenir contre-productif pour ceux·celles qui le mènent). En revanche, par le biais du concept de communauté d'anticipation, je me focalise sur les « modèles du futur » (Dahan, 2007), entendus comme des modèles qui ont, parmi leurs fonctions épistémiques, celle d'anticiper le futur d'un système réel, dans une optique d'utilité sociale. En outre, en parlant de performativité, les expert·es des communautés d'attente font référence à celle que le discours prometteur d'un domaine émergent a sur l'existence de celui-ci, alors que je me focalise sur les effets performatifs que certains scientifiques attribuent à leurs modèles.

## Trois communautés d'anticipation

### La communauté du conseil urbanistique

- 14 Le groupe que je propose d'appeler *communauté du conseil urbanistique* présente un certain nombre de variations internes, mais reste globalement homogène. On y trouve la plupart des géographes interviewé·es en France, en Angleterre et aux États-Unis.
- 15 *Vision des systèmes complexes*. Les membres de ce groupe ont une vision des systèmes complexes que l'on peut définir *plate*, car décentralisée et avec un pouvoir distribué. Dans leur perspective il n'y a pas de régulateur central, le principe directeur étant une auto-organisation fluide et diffuse. D'un point de vue politico-économique, cette communauté épouse une certaine vision libérale des villes, qui y sont décrites comme étant autorégulées et concurrentielles. En contradiction apparente avec d'autres courants libéraux qui considèrent que le futur est foncièrement ouvert et imprédictible, les géographes de cette communauté pensent que les systèmes complexes que sont les villes restent tout de même prévisibles. Car il existe, selon eux·elles, une série de régularités les concernant, condensées dans un nombre restreint de paramètres (démographie, PIB, taux d'innovation, etc.) : suivant notamment la règle du 80/20 ou du « *rich gets richer* » détectée dans la plupart des réseaux (Barabási, 2003), selon les géographes quantitativistes les villes les plus riches, les plus peuplées et les plus dynamiques vont avoir plus de chances de le rester dans le futur.
- 16 *Cadre onto-épistémique*. La géographie quantitative s'inspire de la physique et voit les systèmes socio-techno-écologiques comme des réseaux qu'une technologie d'enquête par réseaux va pouvoir saisir dans leur essence constitutive. L'épistémologue et historien des sciences Franck Varenne (2017) distingue la géographie « idiotypique », attentive aux monographies régionales qualitatives, de la géographie « nomothétique »,

qui est à la recherche de lois générales. Les géographes quantitativistes rentrent dans la deuxième catégorie, puisqu'ils-elles cherchent à faire une physique de la ville et de la géographie une science « exacte », grâce à l'emploi des équations et des simulations numériques. Par exemple, au SFI les deux chercheurs s'inscrivant dans cette spécialité appliquent, parmi d'autres outils, les lois de puissance aux bases de données des villes du monde. Comme le montre la fig. 1, ces lois de puissance mettent en exergue le fait que les phénomènes sociaux augmentent tous au même rythme en fonction de la croissance démographique. Ainsi, le PIB, les salaires, les brevets croissent tout aussi que le nombre des crimes.

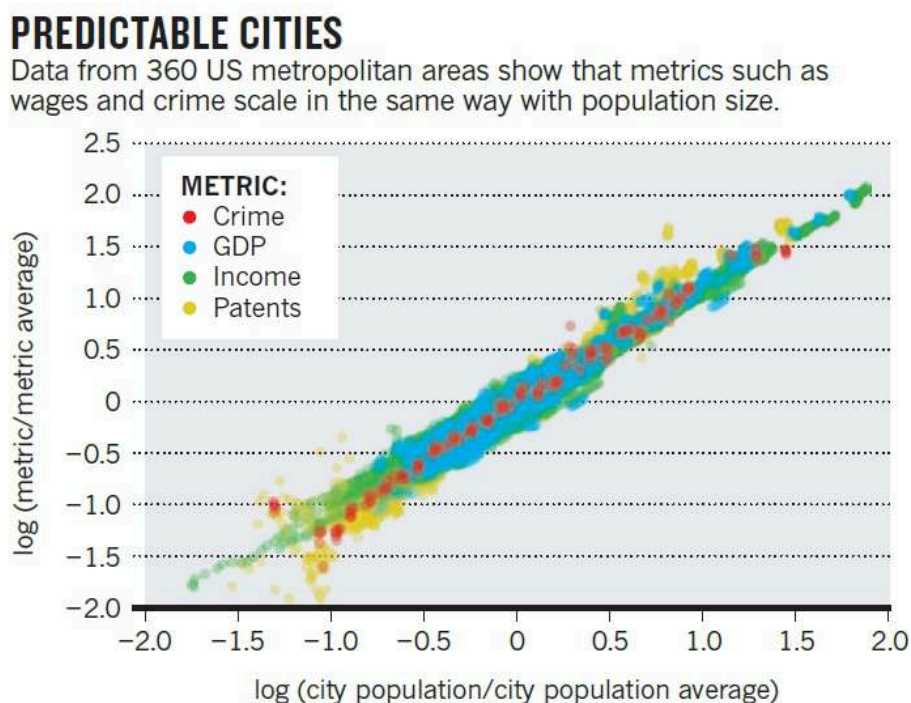
17 L'équipe française travaille, quant à elle, par modèles à base d'agents. Il s'agit de simulations informatiques capables de simuler jusqu'à des centaines de millions d'agents, qui interagissent selon un nombre fini et préfixé de règles et qui évoluent dans un environnement contraignant. Dans les simulations de l'équipe parisienne, des dizaines, voire des milliers de points simulés représentent des villes en interaction, s'échangeant de manière dynamique des ressources humaines et matérielles : les lois de puissance, les lois « gravitaires », les mathématiques des réseaux et les équations statistiques décrivant les relations entre les centres urbains sont ainsi inscrites dans ce type de modélisation. Elles constituent notamment les règles d'interaction entre les agents-villes, pour lesquelles un certain nombre de paramètres sont fixés à partir de données statistiques officielles.

18 Le déterminisme prévaut au sein de cette communauté, malgré l'existence de nuances entre les différent·es chercheur·es. Un membre du SFI rejette l'accent mis par la géographie culturelle sur la relativité des us et coutumes, en affirmant que les êtres humains sont fondamentalement prédictibles même lorsqu'ils ont l'impression d'être libres :

About free will [...] there's a big confusion [...] [Complex systems approach] [...] only says that on some very large average involving millions of people and many places, there's a logic to like let's say how cities are put together, how dense they are, how they use space. [...] it doesn't mean that you cannot go and do whatever tomorrow. It just means that as everyone is doing exactly that, there is some bigger thing that emerges which is how people interact with each other<sup>7</sup>.

19 L'autre géographe du SFI affirme que la marge de manœuvre de la politique dans l'administration de la ville est, pour cette raison, fortement limitée<sup>8</sup>. En France, l'ancienne directrice de l'unité Géographie-cités a écrit que les régularités priment sur la « personnalité des acteurs » (Pumain, 1997, p. 131). Pour quasiment tous les individus de cette communauté, les simulations reproduisent les comportements des systèmes réels. Ils utilisent comme preuve de cela l'homologie formelle et quantitative qu'ils observent entre les *patterns* statistiques décrivant les systèmes réels (issus de l'analyse de données administratives officielles) et les *patterns* statistiques issus des simulations numériques censées les imiter. Le raisonnement est le suivant. Si, à la suite d'une simulation, leurs calculs et leurs simulations *reproduisent* en output les mêmes données qu'ils ont collectées à un moment *t* de l'histoire d'une ville ou d'un pays, cela signifie que leurs modèles *saisissent* le mode de fonctionnement des systèmes réels. *Ergo*, si les agents *in silico* se comportent de manière déterministe, il y a raison de penser que les agents *in vivo* sont également déterministes.

Figure 1 : La prédiction des villes par le Santa Fe Institute



Loi de puissance appliquée à une base de données de 360 villes américaines

Graphes tirés de Bettencourt, L. & West, G. (2010), A unified theory of urban living, *Nature*, vol. 467, p. 913 (reproduit ici avec l'autorisation de G. West).

- 20 Les deux chercheurs du SFI énumèrent trois régularités qu'ils observent à partir de leurs bases de données concernant les villes. D'après eux, les besoins de base, tels que le logement, l'électricité ou l'usage de l'eau, restent les mêmes, quel que soit le centre urbain pris en considération. Deuxièmement, les infrastructures ne se multiplient pas au même rythme que la démographie, du fait des économies d'échelle permettant à plus de personnes d'utiliser un nombre réduit d'infrastructures. Troisièmement, les phénomènes sociaux, comme l'innovation, l'éducation, l'art ou les maladies et la criminalité, augmentent en revanche avec un rythme plus soutenu. Une fois ces données présentées, les chercheurs accordent aux villes la possibilité de croître à l'infini, à condition que le taux d'innovation (à savoir le nombre de nouvelles entreprises et de nouvelles technologies qui apparaissent dans le marché) suive le rythme de croissance démographique : « To grow indefinitely, a city has to periodically reset its growth rate. Such 'resetting' can come from innovations that revitalize the economy, or from outside factors, such as shifts in immigration » (SFI, 2008, p. 8).
- 21 En France, les modèles à base d'agents de Géographie-cités présupposent la concurrence et l'innovation comme étant les deux variables principales de toute évolution urbaine. Comme l'écrit l'ancienne directrice de l'unité parisienne, « le mécanisme essentiel qui régit la forme du système des villes est celui de la concurrence entre les unités géographiques », tandis que « le phénomène essentiel de l'innovation [...] prend une importance primordiale dans la genèse de la structure du système, par diversification et complexification de ses éléments » (Pumain, 1997, p. 126). Les doctorant·e·s qu'elle a dirigé·e·s dans sa carrière scientifique travaillent généralement

avec les mêmes variables fondamentales : les fonctions territoriales (contrôle politique), les fonctions économiques de base (biens et services) et les fonctions spécialisées (extraction de ressources, industries, transports) (Cottineau, 2015-2016). Dans les modélisations du laboratoire (SimPop, EuroSim, etc.), l'innovation est traitée comme un bien que les villes peuvent s'échanger entre elles.

Figure 2 : La place de l'innovation dans les simulations de Géographie-Cités

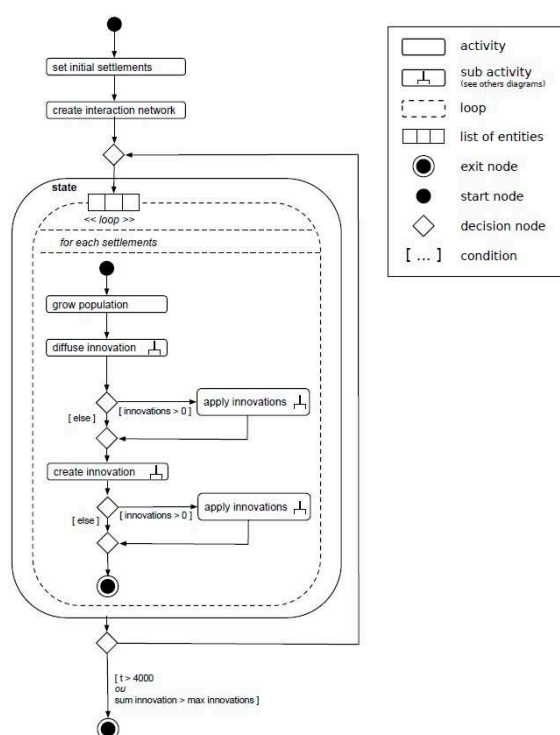


Figure C.5 – Diagramme d'activité principal

Dans le modèle de Sébastien Rey-Coyrehourcq, la croissance des villes est strictement liée à la fonction « innovation »

Grappe tiré de Rey-Coyrehourcq, S., Une plateforme intégrée pour la construction et l'évaluation de modèles de simulation en géographie, 2015, Thèse doctorale en Géographie, Université Panthéon-Sorbonne, Annexe, p. 79

- 22 À cet égard, la fig. 2, tirée de la thèse d'un ex-doctorant de Géographie-cités, montre une boucle dans laquelle la croissance de la population d'un ensemble de villes est liée à la création, à l'application et à la diffusion des innovations dans ces mêmes villes. Chaque groupe peut être à son tour connecté à d'autres groupes de villes. Les innovations – dont on ne connaît pas le contenu, car il s'agit d'une variable stochastique qui permet aux centres urbains de se développer et dont l'occurrence dépend de la richesse préalable de l'agent simulé – sont ensuite filtrées et les gagnantes sélectionnées par une fonction qui porte à effacer celles qui sont présentes dans le système depuis trop longtemps.
- 23 *Activités transépistémiques.* En général, ces chercheur·e·s pensent la science comme un savoir neutre, censé informer les décideurs, les ONG ou les entreprises de « ce qui est » :  
 [...] first thing, science is not policy in the following sense just like science is not engineering. Science is supposed to tell me how things work whereas policy – or engineering even – is about making a specific thing that does something specific in a given context. So the example I always like to take [...] is going to the moon. You could not go to the moon without understanding the laws of motion and the laws of

gravity. [...] but once you start building a rocket what materials you use, what budget you have, where you do it, who does it, that's policy right ?<sup>9</sup>

- 24 Par conséquent, la posture des membres de la communauté du conseil urbanistique vis-à-vis des décideurs politiques et de la « société civile » leur permet d'osciller entre l'activité de conseil proprement dite<sup>10</sup>, la collaboration informelle<sup>11</sup>, l'accompagnement à la décision<sup>12</sup> et l'aide à la décision<sup>13</sup>. Dans le versant américain, l'activité de conseil formelle et la collaboration informelle sont les seules activités transépistémiques observées. Dans le versant français, les activités transépistémiques sont plus rares qu'outre-Atlantique, mais elles peuvent prendre toutes les formes décrites, moins celle de la collaboration informelle. Pour les deux chercheurs basés aux États-Unis, il s'agit d'indiquer à leurs commanditaires (la Maison Blanche<sup>14</sup>, des ONG comme Open Reblock<sup>15</sup> ou bien des administrations urbaines comme Singapour<sup>16</sup>) quels futurs leurs données les amènent à juger comme fermés, afin de montrer par contraste les possibles chemins à parcourir. Pour des informaticiens de l'ISC-PIF, l'entreprise de conseil qu'ils ont fondée offre un service informatique très particulier : tester, à travers un méta-modèle, les modèles particuliers employés par d'autres entreprises de conseil, qui fournissent des études d'impact aux firmes de service et de production ou aux collectivités territoriales comme le Grand Paris :

[Nous proposons] des modèles pour, admettons, évaluer le coût pour une entreprise [...] de délocaliser son usine ou d'ouvrir trois succursales à tel endroit de l'Île-de-France. Cela va faire des déplacements pour des gens qui y travaillent, peut-être des démissions, peut-être des absentéismes, peut-être le besoin d'embaucher d'autres gens [...] Ou alors un investisseur urbain type le Grand Paris [peut demander :] qu'est-ce que cela changerait de rajouter une bretelle d'autoroute ici et là, de faire un deuxième pont entre ici et là sur le trafic journalier de Paris ?<sup>17</sup>

- 25 Malgré les différences axiologiques personnelles entre les géographes que nous regroupons dans cette communauté, ils/elles ont toutes en commun le fait de voir l'innovation sociale, technoscientifique et économique comme le véritable moteur de l'histoire. Certain·es citent des manuels d'économie néoclassique et s'inscrivent dans des représentations schumpétériennes du social (Batty, 2005 ; Batty, 2016), d'autres refusent d'être classé·es dans une vision néolibérale de la ville<sup>18</sup>, mais toutes convergent sur le rôle fondamental que la nouveauté joue dans leurs modèles évolutifs sur la dynamique des villes. Plusieurs chercheur·es en sciences sociales (Pearce, 1994 ; Kelly, 1994 ; Tucker, 1996 ; Castells, 1998 ; Vaughn, 1999 ; Gere, 2002 ; Markose, 2005 ; Vriend, 1999 ; Foster, 2005 ; Rosser, 2009 ; Fisher, 2012), ainsi que plusieurs acteurs importants des sciences de la complexité américains et français (Kauffman, 1995 ; Kilpatrick, 2001 ; Axtell, 2016 ; Petitot, 2016), ont soit prôné, soit souligné l'existence d'un rapprochement théorique, méthodologique et idéologique entre la « science de la complexité » et les courants néolibéraux (école de Chicago, école autrichienne). Ce rapprochement semble être pertinent ici, mais il ne l'est pas dans tous les pans des sciences des systèmes complexes.
- 26 *Régimes du futur.* Cette communauté d'anticipation, comme les deux autres, articule de manière originale trois régimes du futur au sens de Chateauraynaud : l'anticipation, la prévision et la prospective. Pour ces géographes, la modalisation du temps se trouve à cheval entre celle de la prévision, parce qu'il s'agit d'un temps linéarisé et calculé, et celle de la prospective, car ce temps reste ouvert sur une pluralité de possibilités. La logique qui caractérise leurs actions est à la fois celle de l'anticipation, qui agit (ou souhaite agir) sur un processus en cours en se basant sur des précédents, et celle de la

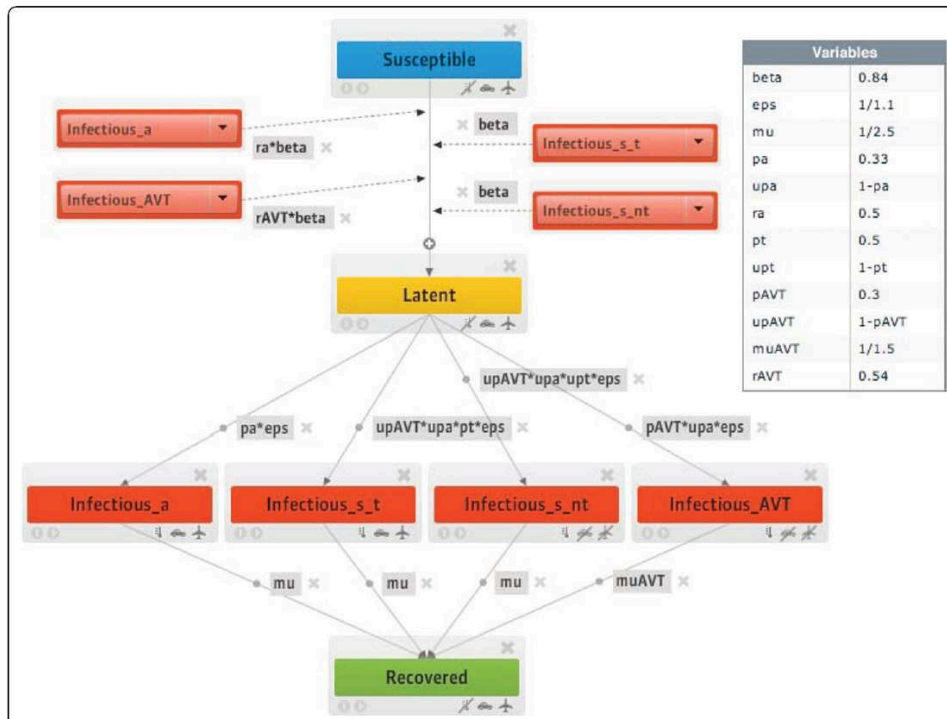


prévision, qui implique un espace de calcul pour la mise en place d'une planification. Si on peut dire que cette communauté propose des *scénarios calculés* (par exemple l'évaluation d'impact d'un aménagement tel que l'introduction d'une zone à trafic limité), le rapport au temps implique une flèche qui va du présent vers l'avenir. Le but est d'infléchir cette flèche, en construisant quelque chose d'inédit et désirable.

## La communauté d'aide à la décision épidémiologique

- 27 Parmi les communautés abordées ici, celle des épidémiologistes computationnels est la plus homogène en termes de parcours, d'objectifs scientifiques et stratégiques, et de visions du monde. Les équipes inscrites dans cette spécialité se connaissent toutes entre elles et, en plus de se rencontrer périodiquement dans des conférences, elles collaborent de manière ponctuelle, soit dans des projets, soit pour des publications ou collecter des données, soit dans le travail de *lobbying* auprès des autorités publiques à qui elles demandent la mise en place de nouvelles infrastructures de surveillance.
- 28 *Vision des systèmes complexes.* Si les représentant·es des deux autres communautés traitées dans cet article n'interagissent presque jamais avec un organisme d'échelle nationale ou internationale, les épidémiologistes computationnels ont un rapport éminemment vertical au pouvoir. Pourtant, dans leurs modèles, on ne détecte pas la présence d'un *hub* (ou d'un grand nœud, connecté à beaucoup, voire à tous les autres nœuds du réseau), lequel administrerait les vaccins aux différentes populations numériques. La centralité de l'État se traduit dans un *template* dans lequel, parmi les nombreuses variables qu'il est possible de manipuler, quatre concernent les classes d'agents ayant subi le traitement viral : dans la fig. 3, ces quatre variables vont avec l'acronyme AVT, c'est-à-dire « *antiviral treatment* ». Si trois d'entre elles indiquent les différents états de santé que peuvent traverser les agents, l'une d'entre elles (« pAVT ») indique le pourcentage d'individus qui sont vaccinés ou traités par les services de santé publique. AVT représente donc la fenêtre pour l'intervention gouvernementale, capable de modifier d'un seul coup l'état général du réseau donné.

Figure 3 : Représentation de la centralisation étatique dans un modèle d'épidémiologie computationnelle



La centralisation de la vaccination est visible dans ce template dans lequel, parmi les nombreuses variables que l'utilisateur peut manipuler, quatre concernent les classes d'agents ayant subi le traitement viral et vont avec l'acronyme AVT, c'est-à-dire « antiviral treatment »

Tiré de Van den Broeck, W., Giannini, C., Gonçalves, B., Quaggiotto, M., Colizza, V. & Vespignani, A. (2011), The GLEaMviz computational tool, a publicly available software to explore realistic epidemic spreading scenarios at the global scale, *BMC Infectious Diseases*, 11(37).

- 29 Ainsi, d'une vision des systèmes complexes plate et décentralisée, l'on passe ici à une vision bosselée et asymétrique, tant en termes de structure que de distribution de l'agency. Pour les représentant·es de cette communauté, le pouvoir est verticalement reparti et la société se compose de quelques grands nœuds exerçant une forte emprise sur la myriade des autres petits nœuds, qui se doivent de suivre les directives des premiers.
- 30 *Cadre onto-épistémique.* Certains ont soutenu que cette spécialité a tendance à comprendre le social à travers le regard du biologique (Opitz, 2017). Je soutiens plutôt que la métaphore biologique n'est qu'une des étapes du glissement sémantique qu'opère l'épidémiologie computationnelle. La diffusion d'un pathogène dans un réseau sociotechnique repose certes sur l'idée de contagion, mais celle-ci repose plutôt sur une métaphore d'ordre computationnel, puisque l'infection circule comme une information dans un réseau électrique. On a une illustration de cette ontologie dans la fig. 4, représentant le modèle planétaire GLEaMviz<sup>19</sup> – une plateforme regroupant des équipes à Boston, Turin et Paris. Dans ce cas comme dans celui de la plateforme de modèles à base d'agents EpiSimS développée au Los Alamos National Laboratory, la fluidité, l'immédiateté, l'immatérialité de la diffusion rendent secondaires les frictions biologiques, les limites culturelles, les espaces politiques, les frontières nationales et géographiques. Tout est connecté à tout sans entraves, chaque point étant accessible à tout autre point du globe ou de la région prise en considération. Dans le cas de



GLEaMviz, la modélisation du réseau de transport – notamment avions, trains et voitures – annule les frontières géographiques et politiques ; dans le cas d'EpiSimS l'annulation des frontières est le fait de la modélisation des relations sociales ayant lieu dans des espaces catégorisés selon leur fonction (maison, voiture, travail, école, courses, gym, etc.) (Barrett *et al.*, 2005). Des points lointains – villes ou individus – sont décrits comme engagés dans une communication en flux continu. L'infection est ainsi modélisée par le biais de la physique statistique, à travers des outils mathématiques qui ramènent la complexité du système réel au niveau d'un gaz ou d'un fluide.

- 31 Les savoirs issus du domaine de la santé publique servent aux épidémiologistes computationnels principalement de réservoir terminologique pour nommer les variables, pour caractériser les équations et pour borner la dynamique du phénomène modélisé (susceptible, latent, symptomatique, asymptomatique, contagieux, guéri, etc.), les savoirs-maîtres de cette spécialité étant l'informatique et la physique.

Figure 4 : Représentation de l'ontologie réticulaire de l'épidémiologie computationnelle



Image de GLEaMviz qui représente de manière tridimensionnelle les vols qui connectent les différentes villes du monde

Tirée de <http://www.gleamviz.org/simulator/>

- 32 *Activités transépistémiques.* Les développeurs de GLEaMviz affirment que leur modèle a fait ses preuves : « [d]ans le 83% des cas le pic [de contagiosité de H1N1] tombait dans [la semaine prévue par la simulation] »<sup>20</sup>. De par leur formation physique, mathématicienne et informatique, ces chercheurs portent une ontologie qui voit dans les règles du modèle numérique une homologie, sinon une identité, avec les règles de fonctionnement du système réel. Pour eux-elles, le monde est un réseau computationnel qui suit les règles de la physique statistique. C'est pour cela que la simulation peut, à leurs yeux, deviner la concrétisation de certains événements futurs et permettre de déjouer les plus redoutables :

[La simulation] est une abstraction de la forme. S'il existe une forme réelle, la forme de la simulation est une abstraction de la forme réelle. [...] ça veut dire que tu es en train de perdre certains détails [...] certains mécanismes [...] ceux que tu ne considères pas comme importants pour ton processus [...] Quand [la simulation] fonctionne ça veut dire que les phénomènes que j'ai capturés là-dedans sont effectivement les phénomènes réels<sup>21</sup>.

- 33 Avec cette confiance dans leurs simulations, les épidémiologistes computationnels se présentent devant les pouvoirs publics avec l'aspiration à se rendre indispensables. Ils partagent avec les membres de la communauté décrite précédemment une description de la science comme neutre idéologiquement ou qui devrait s'efforcer de l'être :
- [...] il faut voir comment tu réussis à communiquer le message de manière appropriée, compréhensible et en même temps rigoureuse, et cela sans faire de choix, parce que c'est [au décideur politique] de faire des choix, tandis qu'en tant que scientifique tu peux proposer l'information de manière à insérer déjà le choix dedans, mais cela ne doit pas se faire<sup>22</sup>.
- 34 En Europe ou aux États-Unis, les épidémiologistes computationnel.le.s prennent la météorologie comme modèle. Leur objectif est d'arriver à une infrastructure mondiale de surveillance sanitaire afin de fournir aux décideurs et aux populations un *forecasting* épidémique : certain.e.s l'appellent « meteorological computational epidemiology »<sup>23</sup> et écrivent des articles d'opinion en sa faveur (Moran *et al.*, 2016). Les chercheur.e.s travaillant sur le sol étatsunien exercent du *lobbying* auprès de la Maison Blanche afin de constituer une nouvelle agence nationale de surveillance épidémique, sur le modèle de la National Oceanic and Atmospheric Agency (NOAA). Il s'agirait d'un centre national – regroupant chercheur.e.s et commissaires de santé – finalisé à la surveillance épidémique globale. Une telle agence partagerait les résultats de ses simulations sur les médias, comme le font les centres de prévision météorologique : ainsi, les décideurs seraient libres de s'en emparer pour faire leurs choix.
- 35 En France et en Italie, les équipes étudiées n'ont pas de projets institutionnels similaires, les instituts de veille sanitaire de ces pays étant des interlocuteurs considérés comme suffisants. L'équipe basée à l'INSERM de Paris collabore avec l'agence nationale de santé publique, qui s'appelle Santé publique France. Interface entre l'INSERM et le Ministère de la Santé, Santé publique France a comme tâches principales la préparation de protocoles sanitaires et la production de recommandations. Dans cet écosystème triadique, la surveillance est enfin déployée sur le territoire à travers un dispositif composé de nombreux médecins généralistes qui collectent des informations à propos de certaines maladies (grippe, influenza, varicelle, rougeole, infection respiratoire aigüe, etc.) et qui les font remonter avec une cadence hebdomadaire au « Réseau Sentinelle », un projet géré par l'INSERM, l'Université Pierre et Marie Curie et Santé publique France<sup>24</sup>.
- 36 Le point de vue normatif des épidémiologistes computationnel.le.s repose sur cinq piliers. Primo, le serment d'Hippocrate car, comme toutes les catégories afférentes au domaine de la santé publique, l'objectif premier de ces fonctionnaires est celui de sauver des vies humaines. Le deuxième pilier, qui est explicitement verbalisé par tous les interviewé.e.s européen.ne.s et américain.e.s, est l'optimisation des systèmes économique et étatique en vigueur : « Think about how many work days get lost from illness from companies and businesses [...] as a company you'll decide [to] offer free flu shots for [y]our employees »<sup>25</sup>. Comme la météorologie sert à déplanifier ou à rediriger les routes des cargos, des vols de ligne et des priorités assurantielles, une *vast machine* (Edwards, 2010) de surveillance épidémique permettrait d'affecter plus efficacement les interventions de santé publique : « The way the disease impacts in a country is not homogenous [...] so you can focus these resources on hotspots [...] because there's not enough money to go around and save everyone »<sup>26</sup>.

- 37 Le troisième pilier repose sur la *prémédiation* du futur. Concept proposé par le spécialiste des médias Richard Grusin (2010) pour inscrire la « préparation » ou « planification préalable » (en anglais *preparedness*)<sup>27</sup> dans un contexte médiatique et idéologique plus vaste, il s'agit d'une modalité médiatique visant à prévenir et éviter un choc traumatique dans le public, à travers le rappel constant et à faibles doses de la possibilité d'une catastrophe donnée. Il ne s'agit pas de prévoir le futur de manière exacte, mais de faire proliférer des scénarios possibles pour anéantir les surprises (Aradau & Van Munster, 2007). Chez les épidémiologistes computationnel·le·s, cette attitude envers le futur se traduit par une implémentation technique visible dans le nombre considérable de variables que l'usager – scientifique, commissaire ou décideur – peut modifier à l'envie : mobilité et état de santé des individus, site de départ de l'infection, saisonnalité de la maladie, etc.
- 38 Quant au quatrième pilier, il concerne la représentation de l'ordre social, l'image d'un État central fort étant pour les épidémiologistes indispensable à la fois pour la collecte des données et pour l'implémentation des politiques sanitaires. Cet aspect va de pair avec le dernier pilier, qui concerne la vision de l'expertise et du rôle des citoyen·ne·s : les épidémiologistes computationnel·le·s s'inscrivent, selon moi, dans le *modèle de l'instruction publique* tel qu'il a été défini par Michel Callon (1998). Il s'agit d'une division du travail dans lequel les scientifiques-expert·e·s informent, l'État choisit et exécute, et les citoyen·ne·s adhèrent à, et implémentent l'information et la décision des premiers.
- 39 *Régimes du futur*. La littérature sociologique a beaucoup abordé l'aspect performatif des discours sur les futurs, en montrant comment le régime discursif des promesses scientifiques contribue à façonner les futurs sociotechniques (Van Lente et Rip, 1998a ; Van Lente et Rip, 1998b ; Fortun, 2001 ; Brown et Michael, 2003 ; Nelson *et al.*, 2008). Dans son article *The big, bad wolf and the rational market* (2004), Donald MacKenzie distingue deux types de performativités, et introduit la notion de *contre-performativité* pour se référer à ces actes qui se veulent auto-réalisateurs et qui finissent par produire l'effet contraire. L'activité d'évitement des pires scénarios peut être vue comme un quatrième type de performativité, qu'on pourrait baptiser *anti-performativité*, puisqu'il s'agit de déjouer l'événement qu'elle annonce<sup>28</sup>.
- 40 La modalisation du temps ici est à cheval entre celles de l'urgence, de l'anticipation et de la prospective, car ce temps accéléré reste ouvert sur une pluralité de possibilités différentes. À la différence des communautés précédentes, celle-ci fait face à une « fréquente oscillation entre urgence et anticipation, [qui] conduit les prévisionnistes à produire des cycles de révisions de plus en plus courts, créant une sorte d'obsolescence programmée de leurs propres pronostics » (Chateauraynaud, 2013, p.304). Une campagne de vaccination ou l'annonce même de l'arrivée d'une pandémie changent évidemment l'état du système et créent des nouvelles configurations – ce phénomène est appelé « self-feedback » par un chercheur du LANL<sup>29</sup>. Comme dans les deux cas précédents, ici aussi il s'agit d'anticiper les conséquences de certains choix, mais ces choix sont une réaction à un événement qui vient du futur à l'encontre du présent. Le but est d'infléchir cette flèche pour éviter le pire.


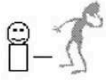
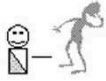

## La communauté de la modélisation d'accompagnement socio-écologique

- 41 Ce groupe réunit des géographes, des informaticien·ne·s, des écologues, des agronomes, des sociologues et des anthropologues s'inscrivant dans une association qui s'appelle ComMod, contraction de *companion modeling* ou modélisation d'accompagnement. Fondé par un groupe de chercheur·e·s du Centre International pour la Recherche Agronomique et le Développement (CIRAD) en 2003 sous forme d'association, ce collectif conduit une activité de recherche-action afin de pacifier des situations conflictuelles. ComMod réunit plus de quarante membres provenant principalement de France mais aussi depuis plusieurs pays des Sud<sup>30</sup>.
- 42 *Vision des systèmes complexes*. Ici les systèmes complexes ne sont pas plats, mais *symétrisants*, car la coopération prime sur la concurrence. Les « commodien·ne·s » (comme ils aiment à se désigner) refusent l'idée d'un système complexe autoorganisé qui tendrait naturellement à un ordre bénéfique pour toutes ses composantes. Pour ce groupe, il s'agit de fournir aux membres d'un système (citoyen·ne·s, professionnel·le·s, ONG, entreprises, administrations) à la fois la connaissance de celui-ci, la conscience de leur place à l'intérieur du système et enfin les outils pour intervenir sur l'ensemble dont ils font partie.
- 43 *Cadre onto-épistémique*. ComMod se présente à la fois comme une méthode d'enquête et un mouvement de recherche-action (Collectif ComMod, 2015). Ses représentant·e·s définissent ce dispositif comme « une démarche d'appui à la gestion des ressources renouvelables » (Étienne, 2010). Les commodien·ne·s mettent souvent en place des laboratoires en plein air, souvent dans des zones-frontières (les bords d'une réserve naturelle exploitée par des villageois, une ressource halieutique exploitée par plusieurs communautés, etc.), en proposant une variété d'outils : des diagnostics informels et verbaux, des représentations scientifiques et formelles, des cartes, des jeux sérieux, des audits, de l'expertise légale, ainsi que des modèles numériques comme les modèles à base d'agents (aussi appelés systèmes multi-agents). En suivant la charte qui en fixe modalités et fins, ainsi que l'un de ses articles fondateurs (Étienne, 2012), l'approche ComMod est définie comme une forme de géoprospective participative, qui vise à produire de la connaissance scientifique autour des « systèmes socio-écologiques complexes » et à fournir une gestion efficace, démocratique et soutenable des biens communs. Les êtres humains y sont vus comme des agents dotés de libre arbitre et capables de maîtriser leur destin. Pour ces chercheur·e·s il n'y a pas d'homologie entre système-cible et modèle numérique, ce dernier étant une représentation délibérément simplifiée et métaphorique de la réalité.
- 44 *Activités transépistémiques*. Pour ComMod, la simulation n'est pas là pour prouver une théorie scientifique, mais pour constituer un jeu de rôle qui montre des possibles liaisons de cause à effet opérant dans un système *in silico* ou analogique. La compréhension de ces relations de la part des participant·e·s est capable de leur faire changer de comportement dans la vie réelle. La démarche se veut coconstruite entre chercheur·e·s et « parties prenantes », pour faire en sorte que celles-ci apprennent à devenir autonomes dans la gestion de leurs affaires collectives :
- [Il faut entendre] l'approche d'accompagnement au sens où on réfute les idées de contrôle, de management, de recherche top-down. C'est de dire : allons ensemble quelque part. Les scientifiques, les agriculteurs, les chasseurs, ou que sais-je.

'Accompagnement' remet en cause l'idée de leadership : c'est pas la science qui dirige, mais elle est bien là. Et ça veut dire aussi que les questions peuvent changer au cours du temps<sup>31</sup>.

- 45 Depuis le début de son histoire, ComMod a été appliqué dans plus de soixante cas d'étude dans plusieurs pays (Laos, Cambodge, Sénégal, Brésil, etc.) pour résoudre différents types de problématiques : gestion de l'eau, des frontières nationales, des forêts et des parcs naturels, de la pêche, et ainsi de suite. Les « parties prenantes » peuvent être des professionnel·le·s de l'agriculture, de la gestion de parcs, etc., des associations, des technicien·ne·s, des expert·e·s, des administrateur·trice·s locaux·les et des scientifiques issus de plusieurs disciplines.
- 46 À la différence de la communauté du conseil urbanistique, l'engagement épistémique de ce groupe est assumé explicitement : « [la simulation pour nous] c'est une question idéologique, puisque savoir si un système doit produire de l'égalité ou de l'inégalité, c'est un choix »<sup>32</sup>. La logique de l'accompagnement à la décision marque un déplacement par rapport à l'aide à la décision. Dans l'optique du collectif ComMod, l'aide implique une infantilisation des « parties prenantes ». L'idée de l'accompagnement « n'est pas de faire des modèles et d'apprendre aux gens à se servir des modèles », mais plutôt celle d'intégrer les « intuitions [...] assez avancées » des participant·e·s pour qu'ils·elles prennent en charge l'organisation du collectif dont ils font partie, au lieu d'en avoir peur et de la déléguer à quelqu'un d'autre<sup>33</sup>. Le dispositif ComMod se veut neutre, mais se donne la mission de faire en sorte que toutes les « parties prenantes » soient sur un pied d'égalité. La prétention à la neutralité cloche avec l'idéologie ouvertement démocratique et écologiste des commodien·ne·s, activement tournée·s vers l'inclusion et la participation des plus faibles et des marginaux dans les questions collectives. ComMod cherche des manières pour limiter le pouvoir des plus forts (les hommes, les administrateur·trice·s, etc.) et d'encapaciter les plus faibles (les femmes, les agriculteur·trice·s, etc.) (Barnaud, 2013). Comme le témoigne une agronome basée au Brésil, les sources d'inspiration des membres de ce collectif sont, parmi d'autres, les pédagogies de l'émancipation, les théories de l'apprentissage social et le développement durable participatif<sup>34</sup>. Dans cette perspective, les modélisateur·trice·s sont vu·e·s comme des « médiateur·trice·s » entre plusieurs cultures, savoirs et intérêts divergents. La charte des commodien·ne·s pose un cadre pour déterminer la « posture du chercheur », lequel 1) doit rendre transparentes ses hypothèses et ses procédures, 2) ne doit pas imposer ses connaissances mais les partager et 3) doit enfin permettre la remise en discussion de tout aspect du processus de la part de n'importe quel·le participant·e.

Figure 5 : Représentation de la participation dans les modèles de ComMod

Nature de la décision	Humaine à 100 %		Intermédiaire	Informatique à 100 %
Typologie des agents modélisés	Agent humain : joueur	Agent composite simple	Agent composite hybride	Agent informatique : agent virtuel
				
	Pas d'avatar	Avatar non décisionnel	Avatar partiellement décisionnel	Avatar autonome

Lorsque toutes les décisions d'un agent sont prises par un être humain et qu'il n'y a pas de relais informatique, l'agent est de type agent humain (communément appelé joueur). Lorsque cette même décision est relayée par un avatar (représentant informatique d'un agent humain) sans aucune autonomie décisionnelle, on parlera d'agent composite simple. À l'opposé, lorsque la décision est intégralement prise en charge par l'avatar autonome (tous les processus de décision sont automatiquement réalisés par l'exécution d'instructions informatiques), on utilisera le terme d'agent informatique (ou virtuel). Le cas intermédiaire d'un agent humain relayé par un avatar partiellement décisionnel sera dénommé « agent composite hybride ».

Fonctionnement du MAHy dans le cadre de ComMod

Image tirée de Étienne, M. (éd.) (2010), *La modélisation d'accompagnement. Une démarche participative en appui au développement durable*, Versailles, Éditions Quæ, p. 75

- 47 Si on analyse les instruments numériques de ComMod, l'intention d'y inscrire le côté participatif saute aux yeux. Les commodien·ne·s ne parlent pas de modèles à base d'agents ou MBA, mais de « modèle de simulation à base d'agents hybrides » ou MAHy, permettant la « saisie des décisions des agents humains » (Étienne, 2013, p. 75). Cette fonction permet aux participant·e·s d'insérer leurs décisions dans la simulation numérique et d'avoir donc une prise directe sur la construction des scénarios. La fig. 5 montre les quatre typologies d'agents qui peuvent composer un MAHy dans le cadre de ComMod. La décision peut être soit purement humaine, soit humaine mais relayée par un agent informatique, soit mi-humaine mi-automatisée, soit complètement automatisée – cette dernière modalité s'emploie pour les agents non-humains (animaux, végétaux, etc.). Mais l'avatar des « parties prenantes » n'est pas la seule chose manœuvrable par les participant·e·s : les commodien·ne·s leur permettent d'intervenir aussi sur les règles du jeu modélisé, c'est-à-dire sur l'organisation des interactions entre les agents représentés dans la simulation.
- 48 *Régimes du futur.* Les modèles multi-agents employés dans le cadre de ComMod ont une visée éminemment *pédagogique*, et non pas prédictive – bien que les commodien·ne·s poussent les acteur·trice·s à envisager leur futur proche. La fonction des MAHy est *révélatrice* plus que prospective – même si les participant·e·s travaillent à des scénarios. Les « parties prenantes » sont mises autour d'une table pour qu'elles prennent conscience d'un état de fait, souvent indésirable, et pour qu'elles puissent le changer. Les différents dispositifs mis en place par ComMod, dont les simulations ne sont qu'un exemple parmi d'autres, reproduisent et donnent à voir les interrelations qui lient les participant·e·s entre eux·elles au moment où les séances ont lieu :
- [...] les systèmes écologiques et sociaux que nous étudions sont des objets complexes, et en conséquence, l'accompagnement du processus de décision ne



consiste pas à tenter de prédire l'état futur du système. Il s'agit plutôt de comprendre l'organisation dans laquelle il se trouve, d'envisager les organisations désirées, de favoriser le système d'interactions qui préside au changement, de le suivre en continu et de rendre explicite l'évolution du système afin de pouvoir proposer des adaptations et d'apprendre continuellement en observant les effets de ces adaptations (Étienne, 2012, p. 10).

- 49 Les séances ComMod visent, en somme, à exercer une fonction *miroir* sur une microsociété censée prendre conscience d'elle-même pour mieux s'autogérer. Le rapport au temps implique ici une flèche qui va du présent vers l'avenir, le but étant d'infléchir cette flèche pour produire une réalité nouvelle plus désirable.

## Conclusion

- 50 Souvent présentée comme un tout compact et cohérent, voire comme une discipline, « la science de la complexité » est loin d'être *une*. Dans cet article, j'ai essayé de montrer que plusieurs visions des systèmes complexes existent au sein de ce label, certes concrétisé dans des instituts et dans des colloques internationaux, et qu'elles s'accompagnent d'un certain rapport au futur et d'une pluralité de points de vue normatifs concernant les rapports science-société. Différents types d'engagements épistémiques ont été décrits ici, en fonction de la culture épistémique des groupes analysés : ces groupes pouvant coïncider avec des spécialités (géographie quantitative et épidémiologie computationnelle) ou avec des associations pluri-disciplinaires ayant des objectifs et des méthodes codifiés dans des chartes (ComMod).
- 51 On a pu ainsi distinguer trois communautés d'anticipation. Une première communauté voit les systèmes complexes comme décentralisés et autoorganisés. Elle met au centre de l'évolution urbanistique l'innovation sociotechnique et, dans une contradiction apparente, considère que les comportements humains sont fondamentalement prédictibles. Les membres de ce groupe dépolitisent la science et l'histoire, pour fournir une activité de conseil soi-disant « neutre » à différent·es acteur·trices, dans laquelle le monde scientifique et le monde de la « société civile » sont nettement séparés. Cette communauté se propose de calculer le futur, dans le but d'infléchir l'inertie du présent vers un avenir plus désirable.
- 52 La deuxième vision des systèmes complexes est issue de la théorie des réseaux, où les ensembles peuvent être régulés par l'activité d'un ou de quelques grands *hubs*. Préoccupée par la protection et l'efficietisation du système politique et économique en vigueur, la communauté qui porte telle vision travaille avec l'État et conçoit la science comme neutre et supérieure aux connaissances profanes. Elle opère une *prémédiation* des futurs, c'est-à-dire qu'elle annonce un certain nombre d'avenirs possibles pour s'y préparer afin d'éviter que le pire arrive.
- 53 La troisième communauté, tout en présupposant des asymétries sociétales, pense à une manière de démocratiser les rapports entre acteur·trices différent·es, pour les encapaciter et leur donner une prise sur le tout dont ils·elles font partie. Le groupe qui porte cette vision bosselée des systèmes complexes socio-écologiques repose sur les valeurs de la participation, de la soutenabilité environnementale et de la justice sociale, et exerce son travail transépistémique à travers des ateliers dans lesquels l'activité de scénarisation de l'avenir n'est qu'un prétexte pour mettre en place une fonction *miroir*, pédagogique, visant à modifier les comportements d'une communauté.

- 54 Une remarque s'impose quant à ce qui fait tenir ensemble ces groupes. Je ne soutiens pas qu'il y aurait une correspondance mécanique entre les trois visions des systèmes complexes – plate, asymétrique et symétrisante –, les trois types de scénarios – calculé, prémédié et miroir – et les trois points de vue normatifs – innovation comme moteur de l'histoire, efficientisation du *status quo* et démocratisation de situations inégalitaires. Mais force est de constater qu'entre les différents éléments composant chacune de ces communautés d'anticipation, il existe une certaine cohérence interne. En même temps, l'existence de ces sous-groupes à l'intérieur du plus grand groupe des sciences de la complexité contribue à montrer l'hétérogénéité interne à cet espace « interdisciplinaire » (Li Vigni, à paraître), malgré l'effort épistémique et institutionnel de ses membres pour le faire reconnaître en tant que champ unitaire (SFI, 1987 ; Cowan, 1994 ; Bourguine & Johnson, 2006 ; Bourguine *et al.*, 2009).
- 55 On pourra mentionner, en conclusion, que bien d'autres groupes se réclamant de ce champ auraient pu être examinés et nous auraient sans doute amenés à identifier d'autres communautés d'anticipation. Il suffit de penser aux représentant·e·s du courant de la vie artificielle, qui sont très actif·ve·s dans l'entrepreneuriat et dans le *consulting* aux entreprises, et qui ont une représentation du futur comme d'un espace ouvert pour une évolution tendant à une optimisation croissante (Bonabeau *et al.*, 2008). Ou aux économistes du SFI qui ont lancé des compagnies de *trading* à haute fréquence à Santa Fe, et pour qui la prédiction du futur se fait à la milliseconde près et par une « navigation à vue » grâce à des techniques statistiques telles les réseaux de neurones ou les algorithmes génétiques (Bass, 2000). Mais tout cela fera l'objet d'un travail à venir.

*Je remercie Sara Aguiton, Céline Granjou, Baptiste Kotras et Sébastien Schultz pour leurs relectures critiques de cet article, et les auditeur·trice·s de la 7<sup>ème</sup> École Thématique de l'IFRIS réuni·e·s à Bordeaux du 19 au 21 juin 2018 pour avoir posé des questions ou fait des remarques très utiles à l'issue de la présentation préliminaire des résultats contenus ici.*

---

## BIBLIOGRAPHIE

- Ahrens, W., Pigeot, I. (dir.) (2014). *Handbook of Epidemiology*. New York, Heidelberg, Dordrecht & Londres: Springer.
- Axelrod, R., Cohen, M.D. (1999). *Harnessing Complexity. Organizational Implications of a Scientific Frontier*. New York: The Free Press.
- Axtell, R.L. (2016). Hayek Enriched by Complexity Enriched by Hayek. *Advances in Austrian Economics*, 21, 63-121.
- Aradau, C., Van Munster, R. (2007). Governing Terrorism Through Risk: Taking Precautions, (un)Knowing the Future. *European Journal of International Relations*, 13(1), 89-115.
- Barabási, A.-L. (2003). *Linked. How Everything Is Connected to Everything Else and What It Means for Business, Science, and Everyday Life*. Londres : Plume.



- Barnaud, C. (2013). La participation, une légitimité en question. *Natures Sciences Sociétés*, 21(1), 24-34.
- Barrett, C.L., Eubank, S.G., Smith, J.P. (2005). If smallpox strikes Portland. *Scientific American*, 3(292), 54-61.
- Bass, T. (2000). *The predictors. How a band of maverick physicists used chaos theory to trade their way to a fortune on Wall Street*. New York: Holt.
- Batty, M. (2005). *Cities and Complexity. Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models, and Fractal*. Cambridge & London: MIT Press.
- Batty, M. (2013). *The New Science of Cities*. Cambridge & London: MIT Press.
- Batty, M. (2016). How disruptive is the smart cities movement? *Environment and Planning B: Planning and Design*, 43(3), 441-443.
- Berry, B.J.L., Pred, A. (dir.) (1965). *Central Place Studies: A Bibliography of Theory and Applications*. Philadelphia: Regional Science Research Institute.
- Bonabeau, E., Bodick, N., Armstrong, R.W. (2008). A more rational approach to new-product development. *Harvard Business Review*, 86(3), 96-102.
- Borup, M., Brown, N., Konrad, K., Van Lente, H. (2006). The sociology of expectations in science and technology. *Technology Analysis & Strategic Management*, 18(3-4), 285-298.
- Bourgine, P., Chavalarias, D., Perrier, E. (dir.) (2009). French Roadmap for Complex Systems. 2008-2009 Edition. ISC-PIF, RNSC, IXXI, 2009: <http://www.iscpif.fr/tiki-index.php?page=Roadmap-fr>.
- Bourgine, P., Johnson, J. (dir.) (2006). *Living Roadmap for Complex Systems Science. Version 1.22*. IST-FET Coordination Action, Open Network of Centres of Excellence in Complex Systems (ONCE-CS), 31<sup>st</sup> March 2006.
- Brown, N. (2003). Hope against hype. Accountability in biopasts, presents and futures. *Science Studies*, 16(2), 3-21.
- Brown, N., Michael, M. (2003). A sociology of expectations: retrospectively prospecting and prospecting retrospects. *Technology Analysis and Strategic Management*, 15(1), 3-18.
- Callon, M. (1998). Des différentes formes de démocratie technique. *Annales des Mines*, 63-73.
- Camazine, S., Deneubourg, J.-L., Franks, N.R., Sneyd, J., Théraulaz, G., Bonabeau, E. (2003). *Self-Organization in Biological Systems*. Princeton and Oxford: Princeton University Press.
- Castells, M. (1998). *La société en réseau. L'ère de l'information*. Paris : Fayard.
- Chateauraynaud, F. (2013). Regard analytique sur l'activité visionnaire. In Bourg, D., Kauffman, A., Joly, P.-B. (dir.). *Du risque à la menace* (pp. 287-310). Paris : PUF.
- Chateauraynaud, F., Debaz, J. (2018). *Aux bords de l'irréversible. Sociologie pragmatique des transformations*. Paris : Pétra.
- Collectif ComMod (2005). La modélisation comme outil d'accompagnement. *Natures Sciences Sociétés*, 13, 165-168.
- Conner, D.R. (1998). *Leading at the edge of chaos. How to create the nimble organization*. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons.
- Cottineau, C. (2015-2016). A Multilevel Portrait of Shrinking Urban Russia. *Espace, populations, sociétés*, 3 & 1. <https://journals.openedition.org/eps/6123> (consulté le 12 juin 2018).

- Cowan, G. (dir.) (1994). *Complexity. Metaphors, Models, And Reality*. Boston: Addison Wesley.
- Cuyala, S. (2014). *Analyse spatio-temporelle d'un mouvement scientifique. L'exemple de la géographie théorique et quantitative européenne francophone*. Thèse de doctorat en Géographie, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
- Dahan, A. (dir.) (2007). *Les modèles du futur*. Paris : La Découverte.
- Del Valle, S. (2016). Agent-based Modeling Approaches for Simulating Infectious Diseases. *MECS Annual Conference: Agent Cultures and Zombielands, Leuphana University, Luneburg, June 23-25, 2016*.
- Dupuy, J.-P. (2004). *Pour un catastrophisme éclairé. Quand l'impossible est certain*. Paris : Seuil.
- Étienne, M. (dir.) (2010). *La modélisation d'accompagnement. Une démarche participative en appui au développement durable*. Versailles : Éditions Quæ.
- Étienne, M. (2012). La modélisation d'accompagnement : une forme particulière de géoprospective. *L'Espace géographique*, 41(2), 128-137.
- Etienne, R.S., Apol, M.E.F., Olff, H. (2006). Demystifying the West, Brown & Enquist model of the allometry of metabolism. *Functional ecology*, 20(2), 394-399.
- Fisher, L. (2009). *The Perfect Swarm. The Science of Complexity in Everyday Life*. New York: Basic Books.
- Fisher, G. (2012). The Complexity of Hayek. *Synthesis*. <http://www.synthesisips.net/blog/the-complexity-of-hayek/> (consulté le 20 mai 2018).
- Fortune, M. (2001). Mediated speculations in the genomic futures markets. *New Genetics and Society*, 20(2), 139-156.
- Foster, J. (2005). From simplistic to complex systems in economics. *Cambridge Journal of Economics*, 29, 873-892.
- Gell-Mann, M. (1994). *The Quark and the Jaguar. Adventures in the Simple and the Complex*. Londres: Abacus.
- Gleick, J. (1988). *Chaos. Making a new science*. Londres: Sphere Books.
- Granjou, C. (2016). *Environmental Changes. The Futures of Nature*. Oxford: Elsevier.
- Granjou, C., Arpin, I., (2015). Epistemic Commitments: Making Relevant Science in Biodiversity Studies. *Science, Technology, & Human Values*, 40(6), 444-473.
- Gribbin, J. (2004). *Deep Simplicity. Chaos, Complexity and the Emergence of Life*. Londres, Allen Lane: The Penguin Press.
- Grüne-Yanoff, T. (2011). Agent-Based Models as Policy Decision Tools: The Case of Smallpox Vaccination. *Simulation & Gaming*, 42(2), 225-242.
- Grusin, R., (2010). *Premediation. Affect and mediality after 9/11*. Houndmills: Palgrave Macmillan.
- Haas, P. (1989). Do regimes matter? Epistemic communities and Mediterranean pollution control. *International Organization*, 43(3), 377-403.
- Hacking, I. (1999). *The Social Construction of What?* Cambridge MA: Harvard University Press.
- Helmreich, S. (2000). Flexible Infections: Computer Viruses, Human Bodies, Nation-States, Evolutionary Capitalism. *Science, Technology & Human Values*, 25(4), 472-491.
- Holland, J.H. (1996). *Hidden Order. How Adaptation Builds Complexity*. Cambridge MA: Perseus Books.
- Holland, J. (2014). *Complexity: A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press.

- Homer-Dixon, T. (2011). Complexity Science. *Oxford Leadership Journal*, 2(1).
- IXXI (2005). Communiqué de presse. L'Institut rhônalpin des systèmes complexes au cœur de la recherche du 21<sup>ème</sup> siècle !
- Jasanoff, S. (2015). Future Imperfect: Science, Technology, and the Imaginations of Modernity. In Jasanoff, S., Kim, S.-H. (dir.). *Dreamscapes of Modernity. Sociotechnical Imaginaries and the Fabrication of Power* (pp. 1-33). Chicago & London: The University of Chicago Press.
- Johnson, S. (2001). *Emergence. The connected lives of ants, brains, cities and software*. Londres, Allen Lane: The Penguin Press.
- Johnson, N. (2009). *Simply Complexity. A Clear Guide to Complexity Theory*. Londres: Oneworld Publications.
- Kauffman, S. (1995). *At Home in the Universe. The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*. New York: Oxford University Press.
- Kelly, K. (1994). *Out of Control. The New Biology of Machines, Social Systems, and the Economic World*. New York: Addison-Wesley.
- Kilpatrick, H.E. (2001). Complexity, Spontaneous Order, and Friedrich Hayek: Are Spontaneous Order and Complexity Essentially the Same Thing? *Complexity*, 6(3), 16-20.
- Knorr-Cetina, K.D. (1982). Scientific Communities or Transepistemic Arenas of Research? A Critique of Quasi-Economic Models of Science. *Social Studies of Science*, 12, 101-130.
- Knorr-Cetina, K.D. (1999). *Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge*. Cambridge: Harvard University Press.
- Krieger, N. (2011). *Epidemiology and the People's Health. Theory and Context*. Oxford: Oxford University Press.
- Kuhn, L. (2009). *Adventures in Complexity. For Organisations near the Edge of Chaos*. Dorset: Triarchy Press.
- Lepont, U. (2017). L'hétéronomie comme ressource. La voie originale d'institutionnalisation des *health policy analysts* aux États-Unis (1970-2010). *Revue française de sociologie*, 58(4), 611-641.
- Levin, S. (1999). *Fragile Dominion. Complexity and the Commons*. Reading: Perseus Books.
- Li Vigni, F. (2018). *Les systèmes complexes et la digitalisation des sciences. Histoire et sociologie des instituts de la complexité aux États-Unis et en France*. Thèse de doctorat. Paris : École des Hautes Études en Sciences Sociales.
- Li Vigni, F. (à paraître). Cinq types de travail scientifique « interdisciplinaire ». *Natures Sciences Sociétés*.
- MacKenzie, D. (2004). The big, bad wolf and the rational market: portfolio insurance, the 1987 crash and the performativity of economics. *Economy and Society*, 33(3), 303-334.
- Markose, S.M. (2005). Computability and evolutionary complexity: markets as complex adaptive systems. *The Economic Journal*, 115, 159-192.
- Martin, E. (1991). The Egg and the Sperm: How Science Has Constructed a Romance Based on Stereotypical Male-Female Roles. *Signs*, 16(3), 485-501.
- Meadows, D.H, Meadows, D.L., Randers, J., Behrens III, W.W. (1972). *The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books.
- Mitchell, M. (2009). *Complexity. A Guided Tour*. Oxford, New York: Oxford University Press.

- Moran, K.R., Fairchild, G., Generous, N., Hickmann, K., Osthus, D., Priedhorsky, R., Hyman, J., Del Valle, S.Y. (2016). Epidemic Forecasting is Messier Than Weather Forecasting: The Role of Human Behavior and Internet Data Streams in Epidemic Forecast. *The Journal of Infectious Diseases*, 214(4), 404-440.
- Nading, A.M. (2015). The lively ethics of global health GMOs: The case of the Oxitec mosquito. *BioSocieties*, 10(1), 24-47.
- OECD (2017). Complexity. A new approach to economic challenges. *OECD Insights*, 28 février 2017 : <http://oecdinsights.org/2017/02/28/complexity-a-new-approach-to-economic-challenges/>.
- Opitz, S. (2017). Simulating the world: The digital enactment of pandemics as a mode of global self-observation. *European Journal of Social Theory*, 20(3).
- Pagels, H.R. (1989). *The dreams of reason. The computer and the rise of the sciences of complexity*. New York: Bantam Books.
- Pearce, D. (1994). Complexity Theory and Economics, *Agenda*, 1994, 1(1), 101-110.
- Petitot, J. (2016). Complex Methodological Individualism. *Cosmos + Taxis*, 3(2-3), 27-37.
- Pias, C. (2011). On the Epistemology of Computer Simulation. *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung*, 2011(1), 29-54.
- President's Council of Advisors on Science and Technology (2016). *Report to the President on the Technology and the Future of Cities*. White House. [https://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/images/Blog/PCAST%20Cities%20Report%20\\_%20FINAL.pdf](https://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/images/Blog/PCAST%20Cities%20Report%20_%20FINAL.pdf) (consulté le 2 mai 2018).
- Pumain, D. (1982). *La dynamique des villes*. Paris : Economica.
- Pumain, D. (1997). Pour une théorie évolutive des villes. *Espace géographique*, 26(2).
- Robson, B.T. (1973). *Urban growth: an approach*. Londres: Methuen & Co. Ltd.
- Rosser, J.B. (dir.) (2009). *Handbook of Research of Complexity*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Samet, R.H. (2013). Complexity, the science of cities and long-range futures. *Futures*, 47.
- Sardar, Z., Ravetz, J.R. (1994). Complexity. Fad or future?, *Futures*, 26(6).
- Schweber, S., Wächter, M. (2000). Complex Systems, Modelling and Simulation. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 31(4), 583-609.
- SFI (1987). A proposal to Develop a Broad Research Program on the Sciences of Complexity at the Santa Fe Institute, Santa Fe, New Mexico. August 24, 1987. Boîte d'archives « SFI Concepts Mission Statements 1984-1989 ».
- SFI (1988). *The Bulletin of the Santa Fe Institute*, 3(1).
- SFI (2004). *The Bulletin of the Santa Fe Institute*, 19(2).
- SFI (2008). *The Bulletin of the Santa Fe Institute*, 23(1).
- SFI (2009). *The Bulletin of the Santa Fe Institute*, 24.
- Taylor, M.C. (2003). *The moment of complexity. Emerging network culture*. Chicago: University of Chicago Press.
- Taylor, P.J., Buttel, F.H. (1992). How do we Know we have Global Environmental Problems? Science and the Globalization of Environmental Discourse. *Geoforum*, 23(3), 405-416.

- Tucker, W. (1996). Complex questions: the new science of spontaneous order. *Reason*, 2. <https://reason.com/1996/01/01/complex-questions> (consulté le 15 mai 2018).
- Urry, J. (dir.) (2005). Special Issue on Complexity. *Theory, Culture & Society*, 22(5).
- Van Lente, H., Rip, A. (1998a). Expectations in technological developments: an example of prospective structures to be filled in by agency. In Disco, C., Van der Meulen, B. (dir.). *Getting New Technologies Together: Studies in Making Sociotechnical Order* (pp. 203-231). New York: Walter de Gruyter.
- Van Lente, H., Rip, A. (1998b). The rise of membrane technology: from rhetorics to social reality. *Social Studies of Science*, 28(2), 221-254.
- Varenne, F. (2009). Models and Simulations in the Historical Emergence of the Science of Complexity. In Aziz-Alaoui, M.A., Bertelle, C. (dir.). *From System Complexity to Emergent Properties. Understanding Complex Systems*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Varenne, F. (2013). Modèles et simulations dans l'enquête scientifique : variétés traditionnelles et mutations contemporaines. In Varenne, F., Silberstein, M. (dir.), *Modéliser & simuler. Epistémologies et pratiques de la modélisation et de la simulation. Tome 1, vol. 1*. Paris : Editions Matériologiques.
- Varenne, F. (2017). *Théories et modèles en sciences humaines. Le cas de la géographie*. Paris : Éditions Matériologiques.
- Vaughn, K.I. (1999). Hayek's theory of the market order as an instance of the theory of complex, adaptive systems, 9(2-3), 241-256.
- Vieille-Blanchard, É. (2007). Croissance ou stabilité ? L'entreprise du Club de Rome et le débat autour des modèles. In Dahan Dalmedico, A. (dir.). *Les modèles du futur* (pp. 19-43). Paris : La Découverte.
- Vriend, N.J. (1999). Was Hayek an ACE? *Queen Mary and Westfield College Working Paper*, 403. <https://ssrn.com/abstract=185650> (consulté le 5 mai 2018).
- West, G.B. (2017). *Scale. The universal laws of life and death in organisms, cities and companies*. Londres: Weidenfeld & Nicolson.
- West, G.B., Brown, J.H., Enquist, B.J. (1997). A general model for the origin of allometric scaling laws in biology. *Science*, 276(5309), 122-126.
- Williams, L. (2012). *Modeling, Building, Writing: A History of Nonlinear Dynamics and Complex Systems*. Thèse de Doctorat. Cambridge MA: Harvard University.

## NOTES

1. Plusieurs stratégies de fondation du domaine de la « science de la complexité » ont été mises en place au fil des années, d'abord par le SFI et ensuite par la communauté européenne. J'en citerai deux, notamment les écoles d'été internationales que le SFI a commencé à organiser dès 1988 à Santa Fe pour établir une série d'outils et de domaines de recherche pour le label de la complexité et pour commencer à former des étudiant·es issu·es de plusieurs pays (SFI, 1988), et ensuite la série de conférences organisées par la Société Européenne des Systèmes Complexes à partir de 2004 avec le soutien des financements de la Commission Européenne (voici le lien à la première de la série : <https://cssociety.org/events/15>).
2. Le philosophe des sciences Franck Varenne (2013) définit les modèles comme des objets médiateurs ayant pour fonction de faciliter une opération cognitive dans le but de répondre à un questionnement de recherche. Il identifie vingt fonctions spécifiques des modèles

(expérimentation, mémorisation, compréhension, etc.), parmi lesquelles la propriété de la prédiction est diluée dans trois fonctions spécifiques : faciliter la reproduction des structures de données observables de certains phénomènes, faciliter l'hybridation de plusieurs théories et faciliter la prise de décision.

3. Notamment le *régime environnementaliste*, le *régime orienté-management*, le *régime fonctionnaliste* et le régime du *génie écosystémique*.

4. Il y en a d'autres, comme la « vie artificielle » qui se propose de trouver des applications industrielles en robotique ou en biotechnologies, ou comme les experts d'algorithmes génétiques qui les utilisent pour optimiser des procédés industriels, ou encore comme les « économphysiciens » qui ont trouvé des manières de spéculer en bourse grâce au *trading* à haute fréquence. La plupart des spécialistes des systèmes complexes restent tout de même en deçà des frontières académiques et revendiquent mener un travail de recherche dit fondamental ou théorique.

5. Voici la citation entière en anglais : « A key point here is that the notion of epistemic commitments does not describe political or ethical views about science and the role of scientists: instead, it describes research work as an ethical and political commitment to the production of a certain type of knowledge. [...] Against Merton's argument that scientists share a universal commitment to a certain type of ethics [...], we argue that the researchers' various epistemic commitments are progressively shaped and stabilized (or abandoned) in context, as they refine their research agendas ».

6. Les éléments que Céline Granjou prend en considération pour caractériser les régimes d'anticipation sont les suivants : le *type de scénarios* (pas au sens de la prospective, mais au sens de visions du monde) ; les *approches disciplinaires et technologiques mobilisées* ; les *activités de conseil et de collaboration* ; ainsi que le *type de politique d'anticipation*. J'ai adapté cette liste de critères au terrain des sciences de la complexité, en renommant, enlevant ou ajoutant des points à la liste de la sociologue.

7. Entretien avec Luis Bettencourt, 28.09.16.

8. Entretien avec Geoffrey West, 28.09.16.

9. Entretien avec Luis Bettencourt, 28.09.16.

10. Elle prend place dans le cadre d'un projet financé et à terme, avec un but concret.

11. Sans financement, basée sur un troc, dans lequel l'entité publique ou privée fournit des bases de données aux scientifiques qui, en retour, leur donnent des modèles ou partagent avec elles les résultats issus de ces derniers.

12. On parle d'accompagnement à la décision quand les autres « parties prenantes » peuvent avoir accès à au moins une partie des phases de la construction du modèle et/ou quand elles peuvent l'utiliser en autonomie.

13. On parle d'aide à la décision quand le géographe quantitativiste fournit des outils « scientifiques » aux acteur-trices extra-académiques pour la prise de la décision.

14. Voir le rapport PCAST (2016).

15. Dont le but était de construire des routes, des voies d'accès et des services dans les quartiers du Cap et de Mumbai qui en sont dépourvus. Site officiel d'Open Reblock : <http://openreblock.org>.

16. Voir les exemples cités dans West (2017).

17. Entretien avec Paul Chapron, 03.02.17.

18. Commentaire public de Denise Pumain lors de ma soutenance de thèse le 26 novembre 2018 à l'EHESS de Paris.

19. L'acronyme signifie Global Epidemic and Mobility Model visualization.

20. Entretien avec Vittoria Colizza, 24.07.15.

21. Entretien avec Vittoria Colizza, 09.05.17.

22. Entretien avec Alessandro Vespignani, 14.09.16.

23. Entretien avec anonyme 1.
  24. Entretien avec Vittoria Colizza, 09.05.17.
  25. Entretien avec anonyme 1.
  26. Entretien avec anonyme 1.
  27. Les noms que les spécialistes de la santé publique donnent à l'activité de surveillance, de prévision et d'anticipation infrastructurelle qu'ils mènent afin de limiter les dégâts d'une épidémie qui menace de frapper la population.
  28. Ceci ne va pas sans rappeler le *catastrophisme éclairé* introduit par le philosophe Jean-Pierre Dupuy (2004). Ce dernier propose une posture pour lutter contre l'inaction et la démobilisation face aux risques sociotechniques (nucléaire, climat, nanotechnologies, etc.) vus comme possibles mais incertains. Dupuy propose de considérer les pires scénarios comme des certitudes afin d'avoir la motivation nécessaire pour agir afin de mieux pouvoir les éviter.
  29. Entretien avec anonyme 1.
  30. <https://www.commod.org/qui-sommes-nous/adherents>.
  31. Entretien avec François Bousquet, 17.05.19.
  32. Entretien avec Arnaud Banos, 10.03.17.
  33. Ibid.
  34. Entretien avec Emilie Coudel, 08.03.19.
- 

## RÉSUMÉS

À partir d'une étude sociologique sur deux spécialités – la géographie quantitative et l'épidémiologie computationnelle – inscrites dans les « sciences des systèmes complexes », l'article questionne la prétendue unité de ce domaine pluridisciplinaire et transnational, souvent présenté au singulier sous la formule de « *complexity science* ». Que l'on prenne en compte leurs origines historiques, leurs pratiques de recherche, leurs épistémologies ou leurs institutions, les sciences de la complexité apparaissent dans toute leur diversité sociale et épistémique. Si ces aspects n'ont été que faiblement abordés dans la littérature des sciences humaines et sociales, leurs points de vue normatifs et leurs activités transépistémiques n'ont fait l'objet d'aucune recherche. Grâce au concept de « communauté d'anticipation » proposé par la sociologue Céline Granjou, qui permet de tenir ensemble à la fois un mode de production de connaissances, un certain type d'activités transépistémiques, un certain rapport au futur et un certain point de vue normatif sur le monde, l'analyse offre la description de trois groupes – nommés la « communauté du conseil urbanistique » (géographie), la « communauté de l'aide à la décision épidémiologique » (épidémiologie) et la « communauté de la modélisation d'accompagnement socio-écologique » (géographie et d'autres disciplines). L'article contribue ainsi à déconstruire l'image unitaire des sciences de la complexité, que certain·es de ses représentant·es et observateur·trice·s contribuent à entretenir, et offre une application possible du concept de « communauté d'anticipation », ici discuté et adapté à l'objet d'étude de cet article.

On the basis of a sociological study of two specialties – quantitative geography and computational epidemiology – inscribed in “complex systems sciences”, the article questions the alleged unity of this multidisciplinary and transnational domain, often presented in the singular under the expression of “*complexity science*”. Whatever the take is – historical origins, research practices, epistemologies or institutions – complexity sciences appear in all their social and epistemic

diversity. If these aspects have been weakly treated by human and social sciences literature, their normative viewpoints and their transepistemic activities have not been the subject of any systematic study. Thanks to the concept of “anticipation community” proposed by sociologist Céline Granjou, which permits to keep together at the same time a mode of knowledge production, a certain type of transepistemic activities, a certain relationship to the future and a certain normative viewpoint about the world, the analysis offers the description of three groups – called “the community of the urbanistic counseling” (geography), the “community of epidemiological decision aid” (epidemiology) and the “community of socio-ecological companion modeling” (geography and other disciplines). The article contributes thus to deconstruct the unitary image of complexity sciences, which some of its representatives and observers contribute to entertain, and offers a possible application of the concept of “anticipation community”, discussed and adapted here to the study object of this article.

A partir de un estudio sociológico acerca de dos especialidades – la geografía cuantitativa y la epidemiología computacional – inscritas en las «ciencias de los sistemas complejos», el artículo cuestiona la supuesta unidad de este dominio pluridisciplinario y transnacional, a menudo presentado en singular bajo la fórmula de «*complexity science*». Que sea bajo el punto de vista de sus orígenes históricos, sus prácticas de investigación, sus epistemologías o sus instituciones, las ciencias de la complejidad aparecen en toda su diversidad social y epistémica. Si estos aspectos han sido raramente abordados en la literatura de ciencias humanas y sociales, sus puntos de vista normativos y sus actividades transepistémicas no han hecho el objeto de ninguna investigación. Gracias al concepto de «comunidad de anticipación» propuesto por la socióloga Céline Granjou, el cual permite de tener juntos a la vez una manera de producir conocimiento, un cierto tipo de actividades transepistémicas, una cierta relación al futuro y un cierto punto de vista normativo sobre el mundo, el análisis ofrece la descripción de tres grupos – llamados la «comunidad del consejo urbanístico» (geografía), la «comunidad del ayuda a la decisión epidemiológica» (epidemiología) y la «comunidad de la modelización de acompañamiento socio-ecológico» (geografía y otras disciplinas). El artículo contribuye de esta manera a la deconstrucción de la imagen unitaria de las ciencias de la complejidad, que algunas representantes y observadoras contribuyen a entretener, y ofrece una aplicación posible del concepto de «comunidad de anticipación», aquí discutido y adaptado al objeto de estudio del presente texto.

## INDEX

**Palabras claves :** normatividad, futuro, performatividad, escenarios, sistema complejo, modelización, simulación, comunidad de anticipación

**Keywords :** normativity, future, performativity, scenarios, complex system, modeling, simulation, anticipation community

**Mots-clés :** normativité, futur, performativité, scénarios, système complexe, modélisation, simulation, communauté d’anticipation

## AUTEUR

### FABRIZIO LI VIGNI

Docteur en sociologie à l’École des Hautes Études en Sciences Sociales de Paris avec une thèse intitulée *Les systèmes complexes et la digitalisation des sciences. Histoire et sociologie des instituts de la complexité aux États-Unis et en France*, il est aujourd’hui postdoctorant au Laboratoire Interdisciplinaire Sciences Innovations Sociétés de l’Université Paris-Est Marne-La-Vallée.



<https://orcid.org/0000-0002-5763-7446>

Adresse : LISIS (UPEM), 5 boulevard Descartes, FR-77454 Champs-sur-Marne (France).

Courriel : [fabrizio\\_livigni\[at\]hotmail.com](mailto:fabrizio_livigni[at]hotmail.com)