

Working paper



# 20

## Individu/collectif : l'épidémiologie à l'épreuve du big data (ou l'inverse ?)

---

Laurence Barry

Mai 2020

# PARI

PROGRAMME DE RECHERCHE  
SUR L'APPRÉHENSION DES RISQUES  
ET DES INCERTITUDES

# INDIVIDU/COLLECTIF : L'ÉPIDÉMIOLOGIE A L'ÉPREUVE DU BIG DATA (OU L'INVERSE ?)

---

Laurence Barry<sup>1</sup>

*Ce papier est une tentative de réflexion sur cette situation inédite qui affecte le monde depuis plusieurs semaines. Écrit au cœur de la tourmente, il est nécessairement maladroit. Il nous semblait pourtant qu'une mise en perspective dans le cadre épistémologique des réflexions menées au sein de PARI pouvait apporter un éclairage intéressant sur les débats actuels. Instruit de données dynamiques et conjoncturelles, il ne s'agit pas vraiment d'un working paper au sens habituel.*

## Résumé

Le digital permettra-t-il d'apporter une réponse efficace à la gestion des pandémies ? Dans une approche rétrospective, les épidémies apparaissent au cœur de l'émergence du concept de population et des outils statistiques, tout en imposant un point de résistance à leur approche globale. Le contrôle de la contagion passe en effet par la détection de cas, et semble en cela en parfaite congruence conceptuelle avec les technologies actuelles d'intelligence artificielle. Pour autant, les résistances sont nombreuses et symptomatiques, à la fois de nos appréhensions et des forces et faiblesses de l'état actuel de ces techniques.

---

<sup>1</sup> [Laurence.Barry@Datastorm.fr](mailto:Laurence.Barry@Datastorm.fr)

Je tiens à remercier Pierre Arnal, Sandrine Lemery, Thierry Cohignac et Pierre François pour leur relecture attentive et leurs précieux commentaires. Toutes imprécisions ou inexactitudes restent de mon seul fait.

# INDIVIDU/COLLECTIF : L'ÉPIDÉMIOLOGIE A L'ÉPREUVE DU BIG DATA (OU L'INVERSE ?)

---

Laurence Barry

*"Les épidémies ne sont funestes et destructives dans leur commencement que parce que leur caractère étant peu connu laisse le médecin dans l'incertitude sur le choix des traitements qu'il convient d'appliquer; cette incertitude naît du peu de soins qu'on a eu d'étudier ou de décrire les symptômes des différents épidémies et les méthodes curatives qui ont eu le plus de succès"* Décret du 29 avril... 1776 (création de la Société Royale de Médecine).

*"Here the opinion of the physicians agreed with my observation afterwards, namely, that the danger was spreading insensibly, for the sick could infect none but those that came within reach of the sick person; but that one man who may have really received the infection and knows it not, but goes abroad and about as a sound person, may give the plague to a thousand people, and they to greater numbers in proportion, and neither the person giving the infection or the persons receiving it know anything of it, and perhaps not feel the effects of it for several days after"* Daniel Defoe, 1722 *A Journal of the Plague Year*.

L'épidémiologie est une science de la fin du 19<sup>e</sup> siècle. Etymologiquement, elle est un discours (*logos*) d'au-dessus (*epi*) du peuple (*demos*), une étude des maladies comme "ce qui passe sur le peuple" (Fabre 1998). Il s'agit aussi de l'étude de certains phénomènes affectant les populations, à un moment où ce terme prend son sens statistique et devient lui-même un objet d'étude (Foucault 2004). La définition de l'épidémie proposée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) montre bien le rôle des statistiques:

The occurrence in a community or region of cases of an illness, specific health-related behaviour, or other health-related events clearly *in excess of normal expectancy*. The community or region and the period in which the cases occur are specified precisely. The number of cases indicating the presence of an epidemic varies *according to the agent, size, and type of population exposed*, previous experience or lack of exposure to the disease, and time and place of occurrence (World Health Organization 2008, p. 26, nos italiques).

L'épidémie implique donc une connaissance statistique préalable de la population, permettant de déterminer des indicateurs clés et un seuil au-delà duquel elle sera déclarée.

Pour Wikipédia, l'épidémiologie se constitue cependant comme science autour de trois pôles : l'étude de cohortes (donc bien une analyse statistique) mais aussi l'étude de cas-témoins (ou l'analyse clinique), et les études expérimentales, essais qui d'une certaine façon combinent les deux approches. Ainsi l'épidémiologie est aussi une étude de cas ; à la différence des autres sciences statistiques, on n'abandonne pas en effet l'étude de l'individu. C'est cette articulation originale de

l'individu et du collectif qui nous intéressera ici, avec une question spécifique : si l'épidémiologie naît avec la statistique, que devient l'épidémiologie, lorsque la statistique se transforme avec l'apprentissage machine ? On ne s'intéressera pas ici aux dimensions biologiques et médicales, certes essentielles, mais uniquement à la gestion de ce phénomène collectif qu'est aussi l'épidémie. S'agissant de pandémie, les chercheurs affirment en effet que le volume de données et les nouvelles technologies modifient notre appréhension de ce risque (Roberts 2019; N. Ferguson et al. 2020). Si l'on admet en outre avec Ewald (2011) qu'elle façonne notre conception du lien entre l'individuel et le collectif, quel type de lien se construit au travers de l'épidémie ? Et comment se transforme-t-il à l'ère du digital ?

La présente étude a été réalisée dans le creux de l'épidémie de Covid 19 qui a officiellement éclaté en Chine à la fin de 2019. Déclarée par l'OMS pandémie le 12 mars 2020, elle touche déjà, à fin avril, plus de trois millions de personnes, et a tué plus de deux cent mille d'entre elles<sup>2</sup>. S'il s'agit bien, dans la dernière partie de cette analyse d'une réflexion sur certaines des mesures prises en réponse au Covid 19 - et notamment de la place faite aux big data et aux algorithmes dans ces réponses-, les deux premières en sont indépendantes. On portera tout d'abord un regard historique sur les épidémies pour voir comment se met en place, à peu près à la même époque, une conception du collectif en lien mais aussi en contrepoint du collectif assurantiel. On examinera ensuite comment cette conception oriente la construction de modèles de contagion, pour étudier enfin si les outils digitaux sont mis à profit dans la gestion de cette crise. Force est alors de constater un paradoxe : alors que le collectif épidémique est en résonance avec le digital, l'usage de ces nouvelles techniques est encore très limité, à la fois par la qualité des données disponibles, la logistique induite et la méfiance de certains devant la potentielle avancée de la surveillance algorithmique.

## **L'invention du collectif: épidémique ou assurantiel ?**

Quand la peste s'abat sur Thèbes, nous dit Sophocle dans *Œdipe-Roi*, Œdipe se tourne vers l'oracle ; le verdict est que pour sauver la ville, il faut trouver l'élément qui la souille. La maladie est un signe : elle symbolise et donne à voir le « miasme » comme faute morale, et la colère des Dieux qu'il déchaîne (Kousoulis et al. 2012). Le miasme ou pestilence dira aussi Hippocrate est le vecteur de la maladie par l'odeur que l'on respire (Paillard 1998). Ainsi pour sauver Thèbes Œdipe ne cherche pas à soigner les malades, mais la source de la souillure. Dans le récit de Sophocle il y a un coupable qu'il s'agit de trouver pour guérir la cité. La guérison est une purification qui passe par l'identification du criminel, et l'exil d'Œdipe.

L'exclusion est encore de mise au Moyen-Âge, nous dit Foucault, pour les lépreux. Ceux-là ne sont plus nécessairement perçus comme coupables mais comme choisis par Dieu pour expier leurs péchés dans ce monde plutôt que dans l'autre (Foucault 1976, 18). Ce choix est acté dans une cérémonie à l'Eglise au cours de laquelle le

---

<sup>2</sup> Source : Université Johns Hopkins: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>

malade se sépare des siens, de ses biens et de la communauté des croyants. Rejetée à l'extérieur des murs, la lèpre est « traitée » par mise à l'écart, dans un geste séparant ici encore le pur et l'impur. Les choses changent un peu avec l'âge Classique, puisque l'exclusion n'a plus cours. Au contraire, on assigne à domicile, dans un quadrillage précis de l'espace et un registre minutieux de l'état de chacun: "c'est la grande revue des morts et des vivants" (Foucault 1975, 229). Si le fléau continue d'être perçu comme une punition divine, l'approche est collective. Ce sont aussi ces mêmes registres de mortalité qui permettront vers la fin du 17<sup>e</sup> siècle la mise en évidence par John Graunt de la population comme objet d'étude ayant ses régularités propres, rendant ainsi possible les premiers calculs statistiques (Le Bras 2000; Hacking 1975). A l'âge Classique toujours, l'étude des maladies passe par la nosologie et la nosographie. Dans cette médecine que Foucault qualifie de « médecine des espèces » (Foucault 2009, 13-19), l'accent est mis sur la classification des *maladies* les unes par rapport aux autres ; le malade, comme dans la Thèbes de Sophocle, est transparent. Ce que l'on cherche à comprendre ce sont les caractéristiques des maladies, ce en dépit des symptômes spécifiques, fortuits et accidentels, du malade particulier. Comme en statistiques, il faut se défaire des singularités pour atteindre le savoir.

Vers la fin du 18<sup>e</sup> siècle cependant la médecine se dédouble, avec la création en 1776 de la Société Royale de Médecine, qui se donne pour objet d'étude les épidémies. Il ne s'agit plus de trouver l'essence de chaque maladie mais de restituer « le processus singulier, variable selon les circonstances, d'une épidémie à l'autre (...) qui tisse une trame commune chez tous les malades" (Foucault 2009, 23). Le suivi des épidémies sert de motif à la mise en place d'un quadrillage du territoire par les médecins, et de vecteur à une "*conscience collective* des phénomènes pathologiques" (ibid, 28), créant une véritable « topographie médicale du royaume » (Murphy 1981, 303). L'épidémie comme phénomène pathologique collectif accompagne alors le développement des statistiques. Autrement dit, la notion de population, si importante pour la compréhension de la transformation épistémologique du 19<sup>e</sup> siècle, prend sa source dans les épidémies des siècles précédents, comme si c'était au travers des épidémies que la collectivité et la communauté de destin se donnaient à voir. Et à l'inverse, le grand mouvement hygiéniste du 19<sup>e</sup> siècle s'appuie fortement sur l'usage de statistiques, en dépit de débats récurrents entre médecins de l'époque (Murphy 1981).

La première étude statistique d'une maladie infectieuse est probablement celle publiée par Bernoulli en 1760 au sujet de la variolisation, ou inoculation de la variole aux enfants à fin d'immunisation. Il y démontre que si le taux de mortalité lié à cette pratique est inférieur à 11%, on gagnera en moyenne trois ans d'espérance de vie sur *la population dans son ensemble*. L'approche de Bernoulli est une approche de masse ; elle soutient la vaccination de la totalité de la population au prix de la mort de quelques-uns, malheureux indifférenciés que l'on n'essaie pas d'identifier. Résolument statistique et collectif, cet essai annonce la rationalité assurantielle des siècles à venir (Colombo et Diamanti 2015). Celle-ci conduit à exalter le primat du collectif sur l'individuel dans la gestion des phénomènes aléatoires, au nom de la loi des grands nombres.

Dans l'épidémie cependant quelque chose résiste à la vision statistique du monde. Car l'épidémiologie qui prend officiellement naissance au milieu du 19<sup>e</sup> siècle ne

renonce pas à l'individu. Si le 19<sup>e</sup> siècle est celui de la mise en forme du concept statistique de population, il est aussi, pour ce qui concerne la médecine, celui de l'émergence du savoir clinique, savoir au travers duquel pour la première fois le malade, et non la maladie, est mis au cœur de la pratique médicale (Foucault 2009).<sup>3</sup> On crédite ainsi John Snow, médecin britannique, de la première étude épidémiologique (S. J. Snow 2008).<sup>4,5</sup> Elle porte sur une épidémie de choléra à Londres et vise à démontrer l'intuition de Snow que la cause de la maladie se trouve dans la pollution de l'eau potable. Dans l'essai qu'il publie en 1855, il met en évidence la répartition géographique des cas autour d'une certaine pompe à eau (Snow 1855, 46). Il s'agit donc d'une étude à la fois cartographique (une ancêtre de la géolocalisation ?) et statistique. Mais Snow ne se contente pas de cette approche globale. L'étude est aussi une description détaillée à la fois des symptômes observés et, pour comprendre comment se propage la maladie, une sorte de biographie des individus touchés. Pour l'exemple :

Le premier cas de choléra s'est produit le 20 juillet, chez une petite fille qui avait eu la diarrhée pendant quatre jours. Cette affaire s'est terminée favorablement. Le lendemain, 21 juillet, une femme âgée a été atteinte par la maladie, et était sans connaissance à dix heures le soir même. Cette patiente s'est partiellement remise, mais est morte d'une infection consécutive le 1<sup>er</sup> août (...) Environ une semaine après les deux cas susmentionnés, un certain nombre de personnes sont tombées malades presque simultanément (...) Les deux premiers cas, des 20 et 21 juillet, furent probablement causés par les évacuations de choléra contenues dans l'eau de la Tamise, elle-même distribuée par les usines d'eau (...) Mais quelques jours plus tard, lorsque les déjections de ces deux patientes ont dû se mélanger à l'eau que les gens buvaient, un certain nombre de cas supplémentaires se sont déclarés. Les patients étaient tous des femmes et des enfants, les hommes n'ayant pas été atteints; ils étaient peut-être au travail et n'ont pas bu l'eau, mais comme les survivants ont presque tous quitté l'endroit immédiatement après ces nouveaux décès, on n'a pas pu déterminer si tel était le cas (J. Snow 1855, 24-25, traduction personnelle).

---

<sup>3</sup> Ainsi un commissaire de l'Académie des Sciences s'oppose à l'usage de statistiques en médecine de la façon suivante : « En matière de statistiques, c'est-à-dire dans les divers essais d'appréciation numérique des faits, le premier soin avant tout c'est de perdre de vue l'homme pris isolément pour ne le considérer que comme une fraction de l'espèce. Il faut le dépouiller de son individualité pour arriver à l'élimination de tout ce que cette individualité pourrait introduire d'accidentel dans la question. En médecine appliquée au contraire, le problème est toujours individuel. Les faits ne se présentent à la solution qu'un à un et c'est toujours privativement de la personnalité du malade qu'il s'agit, et finalement ce n'est jamais qu'un seul homme avec toutes ses idiosyncrasies que le médecin doit traiter. Pour nous les masses restent tout-à-fait en dehors de la question » (cité par Murphy 1981, p. 312).

<sup>4</sup> D'autres attribuent cependant la primeur à Bernoulli (Britton 2010; Choisy, Guegan, et Rohani 2007).

<sup>5</sup> Il est intéressant de noter que Snow est l'élève de William Farr, médecin fondateur de la médecine statistique (il met en place en Grande Bretagne un bureau de statistiques de santé), lui-même élève de Alexandre Louis qui introduit des méthodes quantitatives en médecine (Cwikel 2006, 129-31). On voit ainsi l'imbrication de l'épidémiologie avec la statistique dès la naissance de ces deux sciences.

La maladie contagieuse met en évidence la place de chacun dans le groupe, et promeut une certaine forme de solidarité. Cette conception se renforce avec la théorie de la contagion microbienne développée dans la mouvance de Pasteur. Pour Bruno Latour, avant la découverte du microbe, les hygiénistes se heurtaient à l'impossibilité d'expliquer l'émergence de la maladie en dépit des mesures d'hygiène qu'ils imposent. On parlait alors de « spontanéité morbide », pour une sorte d'exception aléatoire qui confirmait la règle. Ici encore, la médecine se heurte au cas particulier, irréductible à la théorie d'ensemble. Cette difficulté à comprendre la maladie et la propagation à certains plutôt qu'à d'autres est levée grâce au microbe qui s'impose comme nouvel objet d'étude; une étude non plus des hommes au global ni de l'homme en particulier, mais en deçà de l'homme. Pour Latour, les pastoriens imposent un changement d'échelle et vont « renouveler la médecine sans jamais prendre la maladie comme objet d'étude et renouveler la politique et l'hygiène sans jamais prendre l'homme pauvre ou déchu comme unité d'analyse » (Latour 1984, 170). Ce nouvel objet impose aussi une redéfinition du social :

Il n'y a pas que des rapports « sociaux », des rapports d'homme à homme. Les hommes ne sont pas « entre eux » dans la société, car partout des microbes interviennent et agissent (...) Pendant que tous ces rapports, ces « colloques singuliers », ces duels, ces contrats se passent, d'autres acteurs agissent, passent leurs contrats, imposent leurs buts et redéfinissent autrement le lien social. (...) Le lien social est en effet composé, disent les pastoriens, de ceux que tissent les hommes entre eux et de ceux que tissent les microbes entre eux. *On ne comprend rien au pastorisme si l'on ne comprend pas qu'il recompose la société différemment* (Latour 1984, 62-64, nos italiques).

Lorsque Léon Bourgeois établit la doctrine du "solidarisme", à la fin du 19<sup>e</sup> siècle, il fait ainsi référence à Pasteur et à la maladie contagieuse comme métaphore de la solidarité. À l'instar de Pasteur, il met en avant cette interdépendance que la pandémie actuelle nous rappelle de façon poignante:

L'interdépendance profonde qui existe entre tous les vivants, entre tous les êtres; c'est <Pasteur> qui, en formulant la doctrine microbienne, a montré combien chacun d'entre nous *dépend de l'intelligence et de la moralité de tous les autres* (...) Il nous a montré que chacun de nous pouvait être un foyer de mort pour les autres vivants, et en conséquence c'était pour nous un devoir de détruire ces germes mortels, *et pour assurer notre vie propre, et pour garantir la vie de tous les autres* (L. Bourgeois, cité dans Ewald 1986, 360, nos italiques)

Pour Ewald, la vision solidaire est inséparable de la découverte de la contagion par Pasteur. La solidarité serait ainsi la conscience collective du risque mutuel *que nous nous faisons courir les uns aux autres* (Ewald 2011, 79). Mais il y aurait alors quelque chose d'antinomique entre cette définition du risque et celle promue par l'assurance ; dans cette dernière en effet, les individus mettent en commun une incertitude partagée, transformée en risque par la loi des grands nombres. Dans cette logique, seuls certains seront touchés, qui pourront être couverts par les autres, plus chanceux. Dans la contagion au contraire, si l'un est touché l'autre l'est aussi. En termes assurantiels l'épidémie est le cas typique du risque systémique inassurable ; au lieu d'individus « indépendants et identiquement distribués », hypothèse de la loi des grands nombres, on a affaire à une population d'individus certes merveilleusement identiques mais dépendants les uns des autres. C'est

pourquoi le lissage statistique dans l'épidémie ne se fait pas ; les cas s'additionnent, sans jamais s'annuler dans une moyenne salvatrice.<sup>6</sup>

Autre trace de cette antinomie fondamentale entre solidarité assurantielle et épidémique, la responsabilité qu'elles engagent n'est pas de même nature. Dans les mécanismes d'assurance, comme le montre si bien Ewald, la responsabilité de l'accident est transférée au collectif. Dans les termes de Durkheim, l'accident est un fait social, qui ne se comprend que dans le social. Ainsi, le risque « caractérise un tout qui conserve son identité *malgré les variations qui peuvent affecter ses parties* ». Nul besoin alors de recourir à des notions annexes telles que la « spontanéité morbide » pour intégrer les variations. Car « la régularité du risque est indépendante de la conduite des individus. Les fautes <individuelles>, quelles qu'elles soient (...) ne sont que des facteurs de risque qui n'affectent pas sa réalité » (Ewald 1986, 285). C'est donc le groupe qui supportera la charge de l'événement aléatoire. Dans la solidarité épidémique en revanche, la responsabilité reste radicalement attachée à chaque individu. Le risque encouru par mon voisin est aussi celui qu'il me fait courir ; aucun transfert au collectif n'est ici possible. D'où d'ailleurs la formulation, avec la notion de solidarité à la fin du 19<sup>e</sup> siècle, d'une morale laïque inspirée de l'impératif catégorique : agis uniquement suivant la maxime dont tu voudrais qu'elle devienne une loi universelle (Ewald 1986, 361-62). On voit donc qu'il existe d'un côté une solidarité assurantielle, qui met l'accent sur les *droits* de chacun (et pour cela elle est considérée par certains comme déresponsabilisante), et de l'autre une solidarité que l'on dira épidémique et moralisatrice, qui met l'accent sur les devoirs de chacun dans le collectif.

## L'individu dans le collectif : une généalogie des modèles épidémiologiques

Dans l'approche statistique pure, on se déprend des individus pour acquérir une vision d'ensemble. Cette dernière ne tient que parce qu'elle efface le niveau individuel. Comme le dit Porter: "les statisticiens du 19<sup>e</sup> siècle aimaient à s'en vanter, leur science *a lissé par la moyenne (averaged away)* tout ce qui était contingent, accidentel, inexplicable ou personnel, et n'a laissé que des régularités à grande échelle" (Porter 1996 : 85, nos italiques, traduction personnelle). L'épidémiologie ne peut pas en revanche se satisfaire de ce lissage statistique, ni faire abstraction de chacun des individus qui composent le collectif, même si elle ne se comprend, et c'est là son paradoxe, que dans le collectif.

Cette tension entre l'individuel et le collectif est perceptible dans les modèles mis en œuvre. La généalogie proposée ici permet de suivre la négociation constante entre ces deux niveaux à tenir ensemble. Ce sont dès le début des modèles globaux, souvent très théoriques, dont le but est bien de rendre compte de la population. Mais à la différence de modèles statistiques classiques, ils ne peuvent faire l'économie du niveau individuel (Jacob 2010) au travers notamment du R0, le taux de reproduction ou nombre de personnes *qu'un individu* contaminera à son tour ;

---

<sup>6</sup> C'est cette interdépendance que défait le vaccin ; avec des réactions redevenues individuelles et indépendantes, il brise la chaîne de la contagion.

peut-on se contenter d'un chiffre unique, valable pour l'ensemble de la population un peu comme un indicateur de « l'homme moyen » de Quetelet ? Rien n'est moins sûr. Les modèles essaient ainsi de rendre compte de la pratique épidémiologique pour le contrôle du phénomène et sa contention, qui impose notamment la détection des « patients zéros », ceux par qui la maladie se propage.

Les premiers modèles résultent d'une problématique de la transmission au cœur de toute une littérature du 19<sup>e</sup> siècle qui cherche à comprendre les phénomènes d'ensemble à partir de leurs contributions individuelles. Dans la lignée de Darwin et la théorie de l'évolution, Galton, se penche ainsi sur l'extinction potentielle de certains noms de famille (Watson et Galton 1875). Sa mise en équation (le processus Galton-Watson) servira de base à la formalisation de certains des modèles épidémiologiques actuels (Jacob 2010; cf. aussi Pellis, Ball, et Trapman 2011). Une première théorie mathématique de l'épidémie est due à Ronald Ross, un médecin britannique travaillant sur la malaria au début du 20<sup>e</sup> siècle (Heesterbeek 2002; Smith et al. 2012). Ross met en évidence un taux de densité critique de moustiques pour la propagation de la maladie, sans le traduire en termes de taux de reproduction critique.<sup>7</sup>

Mais la famille principale des modèles actuels dits modèles compartimentaux, relève en fait de travaux initialement entamés par un autre médecin, élève de Ross, McKendrick et l'un de ses proches collaborateurs, Kermack. Ensemble ils mettent au point le modèle SIR en 1927, dans un papier demeuré célèbre (Kermack et McKendrick 1927). Le modèle invite à diviser la population en compartiments (*susceptible, infected and recovered*) et à modéliser le passage de l'un à l'autre. Les auteurs démontrent ainsi qu'en fonction des paramètres spécifiques à la maladie (de façon simplifiée, un indicateur de la durée de la maladie chez la personne infectée et le taux d'infectiosité), il existe un seuil de population en deçà duquel la maladie ne se propage pas. Le modèle permet aussi de visualiser l'évolution de l'épidémie, avec son pic suivi du retour à la normale.<sup>8</sup> Par ailleurs, une proportion plus ou moins importante de la population sera touchée, toujours en fonction des paramètres de la maladie. Ce modèle, déterministe, réduit la population à trois sous-groupes et semble ainsi avoir abandonné le niveau individuel pour mettre au jour ces questions macro.

---

<sup>7</sup> Pour Heesterbeek, le fait que Ross travaillait sur la malaria, transmise par les moustiques, plutôt qu'une autre maladie infectieuse transmise d'homme à homme a contribué à retarder l'émergence du R0 en épidémiologie; l'approche individuelle, s'agissant de moustiques, est en effet moins naturelle (Heesterbeek 2002, 193). Le R0 sera formulé une première fois en 1925 par Alfred Lotka, mathématicien américain, comme taux de croissance par tête d'une population (Heesterbeek 2002), sans que ce taux ne soit immédiatement transposé en épidémiologie (bien que Lotka ait lu les travaux de Ross ; il travaillait cependant à l'époque sur l'extinction des noms de famille, comme Galton un demi-siècle plus tôt). Il faudra ainsi attendre les travaux de Mc Donald en 1952 pour que le concept de taux de reproduction soit utilisé pour les maladies infectieuses ; il est aujourd'hui considéré fondamental pour la compréhension et le contrôle des épidémies (Heesterbeek 2002).

<sup>8</sup> Kermack et McKendrick mettent en avant une le carré d'une sécante hyperbolique, symétrique par rapport à son maximum. Ce n'est tristement pas ce que l'on observe pour le Covid19 en Europe...

Mais c'est aussi sa limite, d'où très tôt la volonté de rendre compte de l'importance des contacts individuels dans la propagation potentielle d'une maladie. Pour ce faire des modèles stochastiques, généralisant les équations de Kermack et McKendrick sont nécessaires. Des travaux pionniers ont lieu dans les années 50, notamment par Bailey (1950), Bartlett (1956; 1953; 1949) et Kendall (1956).<sup>9</sup> Ils sont justifiés par Bailey de la façon suivante :

Il est bien connu qu'un grand degré de hasard entre dans les conditions d'infection de nouveaux cas, et il est clair que pour une analyse plus précise <que celle, déterministe> de Kermack et McKendrick, nous devrions prendre en compte ces fluctuations statistiques. En bref, nous envisageons ces modèles stochastiques en complément des modèles déterministes existant (Bailey 1950, 193, traduction personnelle).

De plus, rajoute Bailey, se contenter de modéliser la probabilité d'infection par un rapport global d'infectieux sur susceptibles ne rend pas compte de la différenciation locale. Mieux vaut, à ses yeux, travailler au niveau de communautés (la ville) plutôt que la population nationale. Et même au niveau de la commune, un individu infecté n'affectera pas de la même manière tous les habitants, puisqu'il sera en contact avec 10 à 50 personnes, suivant son activité. La complexité dont essaie de rendre compte le modèle stochastique vient ainsi de la nécessaire articulation de la dimension individuelle, les contacts des personnes infectées avec les autres, et la dimension globale de l'épidémie. Au niveau individuel, ou lorsque la population considérée est restreinte, on ne peut faire l'économie du stochastique. C'est ce qui permettra de reconstruire de façon fiable le niveau global.<sup>10</sup> On peut à cet égard citer Bartlett en 1956 :

The well-known complexity of most epidemiological phenomena is hardly surprising, for not only does it depend on the interactions between "hosts" and infecting organisms, each individual interaction itself usually a complicated and fluctuating biological process, but it is also, and this is a further point to be stressed, a struggle between opposing populations, the size of which may play a vital role (M.S Bartlett 1956, 82).

Dans une revue des modèles publiée en 1952, Serfling critique la mauvaise qualité des données et le simplisme extrême des modèles (déterministes et stochastiques) : il faudrait affiner les paramètres afin de rendre compte de déterminants culturels, sociaux, environnementaux, saisonniers, ou autres, dans la fréquence des contacts (Serfling 1952, 163). On trouve des modèles de ce genre à partir du début des années 70. Critiquant eux aussi l'extrême simplicité des modèles existants, Elveback et al. (1976) proposent de multiplier les compartiments de population afin de rendre compte de la multiplicité des contacts et des types de propagation en fonction notamment de l'âge des individus :

While oversimplification is an inherent characteristic of epidemic models, we have reduced it considerably by *introducing families and neighborhoods as specific mixing groups*;

---

<sup>9</sup> En réalité McKendrick avait développé un modèle stochastique dès 1926, mais n'avait pas poursuivi ses recherches dans cette direction (M. S. Bartlett 1964).

<sup>10</sup> Cela ne veut pas dire pour autant que les modèles déterministes ont été abandonnés ; ils visent simplement à répondre à des questionnements différents (Britton 2010)

by permitting the length of latent and infectivity periods, occurrence of illness, and response to vaccination to be random variables; *by maintaining the identity of each individual; and by allowing young children to behave as young children.* The basic model is sufficiently general that, by selection of parameter values appropriate to specific agents, it can be used for the study of any agent dependent on person-to-person spread. (Elveback et al. 1976, 153).

Le modèle est stochastique : chaque contact individuel résulte ou non en une infection, en fonction d'un tirage aléatoire paramétré par une probabilité de transmission spécifique à chaque type interaction (estimée sur des épidémies de gripes passées). Le but est donc bien de reconstruire une vision globale à partir de la dimension micro d'une communauté théorique (1000 personnes dans ce modèle), une approche reproduite dans certaines études plus récentes (e.g. Longini et al. 2004 pour 2000 personnes).

Dans les années 70 toujours, se développent enfin des modèles qui rendent compte de la structure spatiale de la propagation (Mollison 1977, 314), un point qui semblait encore en 1956 difficile à résoudre (Bartlett 1956, 195). Les raffinements ultérieurs résultent de capacités techniques croissantes, mais il semble bien que d'un point de vue conceptuel, les modèles actuels sont en place depuis cette époque. On notera deux papiers assez proches qui tentent de reproduire la structure spatiale de la propagation à partir de la géographie réelle d'un pays (Longini et al. 2005 pour 500,000 personnes en Asie du Sud-Est; N. M. Ferguson et al. 2005 pour la Thaïlande; voir aussi Ferguson et al. 2006 pour les Etats-Unis et la Grande Bretagne, avec une modélisation des déplacements aériens aux Etats-Unis) ; il s'agit alors de modèles stochastiques, individuels et géographiques de la population modélisée.

Les modèles épidémiologiques tentent ainsi de décrire de façon mathématique la complexe articulation de l'individuel et du collectif. Il est intéressant de noter que ces modèles ne cherchent pas à saisir la différence effective des individus, mais à modéliser le hasard d'une infection dans une interaction supposée régulière dans un segment donné (e.g. une tranche d'âge ou une zone géographique). Il n'en demeure pas moins que la population, dans les modèles épidémiologiques, n'est jamais un tout abstrait des individus qui le composent. Ainsi l'interdépendance entre les individus est aussi une dépendance du tout à ses parties, et de l'individu vis-à-vis du tout, à la fois dans la contagion et, dans le cas de la pandémie de Covid 19, le système de santé censé le prendre en charge.

C'est à première vue dans cette double perspective globale et individuelle promue par les modèles que s'inscrivent toutes les mesures de confinement strict imposées un peu partout dans le monde pour lutter contre la propagation du Covid 19. Ainsi la publication d'un article par le *Imperial College Covid 19 Response Team* le 16 mars 2020 a fait date (N. Ferguson et al. 2020), en informant la décision du gouvernement britannique de finalement imposer le confinement à l'ensemble de sa population. L'article reprend un modèle stochastique individuel et géographique similaire à ceux décrits plus haut, et compare l'impact de différentes politiques d'« interventions non-pharmaceutiques » sur les principaux indicateurs de l'épidémie : le nombre total de décès et le besoin en lits en soins intensifs, soudain devenu paramètre fondamental dans les équations, car l'effectif était insuffisant (N.

Ferguson et al. 2020) .<sup>11</sup> Tourné vers la comparaison de décisions de politique publique, il conduit néanmoins à oblitérer la dimension micro pourtant présente dans le modèle. Les auteurs distinguent ainsi des politiques de mitigations, qui visent à atténuer le pic sans l'empêcher, de mesures plus drastiques pour supprimer la maladie dans le court terme sans pouvoir empêcher un second pic après la levée des mesures. Ils mettent aussi crucialement en évidence le débordement total du système de santé britannique dans le cas de la mitigation, et donc la nécessité d'opter pour la suppression. Celle-ci est obtenue par la fermeture des écoles et des universités, l'isolation de 70% des cas symptomatiques et la distanciation sociale de l'ensemble de la population (avec une diminution des interactions au travail de 25%, 75% pour les autres).

Il est intéressant de noter que les chercheurs n'envisagent pas, le 16 mars, le « complete lockdown » ou confinement total, qui sera pourtant adopté in fine par le gouvernement britannique comme par une majeure partie des gouvernements de la planète. Une des raisons semble en être la prise en compte par les chercheurs de la difficulté à imposer des mesures aussi contraignantes (N. Ferguson et al. 2020, 15); ils associent ainsi un taux de respect à chacune des mesures de distanciation sociale, comme pour tenir compte d'un glissement inéluctable dans l'application pratique de ces mesures.

Ces dernières ne visent pas en réalité à éteindre l'épidémie mais à « aplatir la courbe » afin de permettre au système hospitalier de ne pas implorer ; elles sont donc globales. Mais comme le disent fort justement Surico et Galeotti (2020), vu l'importance du comportement individuel dans les épidémies, celles-ci sont particulièrement réactives aux « externalités ». Or les mesures globales font abstraction de la différence d'exposition de différents sous-groupes, voire du comportement d'individus spécifiques qui peuvent appliquer les instructions avec plus ou moins de rigueur. A cela s'ajoute la particularité du Covid19 par rapport à d'autres virus, d'être contagieux avant l'apparition des symptômes, ce qui rend la personne risquée pour ses contacts avant qu'elle n'en ait conscience (Sansonetti 2020a, 3). Cette « transparence » de la maladie pourtant déjà contagieuse, rappelant en cela la peste de Londres évoquée par Defoe en exergue, influe probablement sur le respect des consignes de confinement.

Mais surtout, l'approche globale est inadéquate puisque, et c'est bien là le propre de l'enseignement épidémiologique, la contagion part toujours d'*un* patient, le fameux patient zéro. Sansonetti (2020b) nous rappelle pour l'exemple le cas caricatural de « typhoid Mary », porteuse asymptomatique du typhus qui réussit à elle-seule à contaminer des centaines de personnes avant d'être jetée en prison. Au-delà de l'anecdote un peu tragique, les experts s'accordent : le savoir épidémiologique est un micro-management, un savoir de terrain qui consiste à isoler les cas infectés et suspects (Benkimoun 2020b; 2020a).

---

<sup>11</sup> L'INSERM a développé un modèle équivalent pour l'Ile de France (di Domenico et al. 2020), qui examine aussi les politiques de sortie de confinement. Voir aussi Massonnaud, Roux, et Crépey (2020).

## Covid 19 ou le silence digital

Si l'on essaie à présent de faire un point très précoce - et donc nécessairement partiel- sur l'apport du digital à la gestion de crise, force est de constater un paradoxe ; d'un côté, le paradigme digital est, en apparence au moins, en congruence conceptuelle avec l'épidémiologie, puisque de l'avis des data scientistes aussi bien que de leurs détracteurs, le digital permet l'individualisation de l'approche statistique. De l'autre, la gestion jusque fin mars tout au moins ne s'est pas faite par le biais du digital. Il est difficile de ne pas se dire que le confinement général, qui touchait au 30 mars 2020 plus de trois milliards de personnes<sup>12</sup> semble relever d'un autre âge et démontrer que la seule avance que nous ayons prise sur l'âge classique soit le passage à l'échelle planétaire. La crise actuelle du coronavirus mettrait alors cruellement en avant qu'ici aussi, « la technologie est en avance sur ses utilisations » (Moor and Lury, 2018, 510, traduction personnelle), même si l'on peut aussi s'interroger, ce que l'on fera ici, sur sa pertinence éthique.

### *La congruence de l'épidémie avec le big data*

Le digital est en route. La personnalisation, nous promet-on, est en train de révolutionner à peu près tout, du marketing (Siegel 2016) à la médecine, où les traitements futurs seraient ajustés à la pathologie individuelle au lieu de suivre des protocoles standardisés (Topol 2010; Ewald 2011). Dans un livre publié en 2014, Sandi Pentland, un éminent data scientiste au MIT nous promettait notamment que « notre société a commencé un formidable périple qui rivalisera en importance avec d'autres grandes révolutions, comme celle de l'imprimerie ou d'Internet. Pour la première fois, nous aurons les données pour comprendre comment évolue notre société » (Pentland 2014, 17, traduction personnelle). L'heure n'est plus, nous dit Pentland, à une approche macro-économique aveugle et limitée au calcul de moyenne sur des populations ; au contraire, nous avons les moyens aujourd'hui de comprendre ces agrégats dans la façon dont ils se constituent au niveau micro : "les phénomènes sociaux sont en réalité constitués de milliards de transactions entre individus – les gens échangent non seulement des marchandises mais aussi des informations, des idées, voire des ragots. Il y a des patterns dans ces transactions individuelles, qui guident des phénomènes tels que les krachs boursiers ou les printemps arabes. Il nous faut comprendre ces micro-patterns, *parce qu'ils ne s'annulent pas dans la moyenne à la façon classique de comprendre les phénomènes sociaux*" (Pentland 2014, 10, traduction personnelle, nos italiques). Visant à modéliser la circulation en réseau de l'information (ou de la maladie?), la technique qu'il propose semble parfaitement ajustée à la propagation d'une épidémie. Pentland d'ailleurs le dit lui-même : "en nous comprenant mieux nous-mêmes, nous avons la capacité de construire un monde sans guerre et sans crash boursier, un monde où les maladies infectieuses seront rapidement détectées et stoppées" (Pentland 2014, 18, traduction personnelle).

---

<sup>12</sup> [https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/03/30/coronavirus-quels-pays-sont-confines\\_6034936\\_3244.html](https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/03/30/coronavirus-quels-pays-sont-confines_6034936_3244.html)

S'agissant de détecter l'émergence d'une épidémie, Roberts (2019) souligne les nouveaux moyens mis à disposition par les données digitales et les algorithmes. Google le premier avait notamment annoncé en 2009 sa capacité à prédire les pics de grippe aviaire grâce à son moteur de recherche, même si Google Flu Trends a rapidement montré ses limites par la suite. Pour Roberts, on bascule avec cet algorithme dans une surveillance épidémique d'un type nouveau, où des données exogènes aux systèmes de santé leur sont couplées et mises à leur service. Roberts signale par ailleurs une des spécificités de ces nouveaux algorithmes par rapport aux statistiques classiques : ils permettent de détecter les anomalies, de mettre en évidence les cas exceptionnels ou anormaux beaucoup mieux que les statistiques classiques dans lesquelles le focus portait sur la régularité des moyennes (Roberts 2019, 104; Rouvroy et Berns 2013, 165; Aradau et Blanke 2018).

Aradau et Blanke (2018) décrivent ainsi comment au début des années 2000, le big data a été transformé de problème à résoudre - comment repérer des cas suspects lorsque les données deviennent pléthoriques ? - en technologie de précision, dans le but d'être capable de "retrouver une aiguille dans une botte de foin". Ces techniques de détection, initialement mises au point dans le cadre de la lutte contre le terrorisme, ont accompagné l'instauration de systèmes de surveillance électronique gouvernementaux qui a fait scandale, engageant aujourd'hui à la prudence.

Sur un mode plus optimiste, c'est aussi cette capacité d'isoler la molécule du virus comme corps étranger qui a permis de diffuser rapidement la structure de la molécule. Comme l'explique Philippe Sansonetti :

Le diagnostic qui, il y a encore dix ou vingt ans, aurait pris des semaines, voire des mois parce qu'il fallait isoler le virus et l'identifier, a été établi par des méthodes moléculaires en quelques jours sinon en quelques heures, grâce au progrès du séquençage profond dit de nouvelle génération, et de la bio-informatique qui a permis d'identifier tout de suite cet ARN étranger dans les échantillons des individus infectés (Sansonetti 2020a, 2).

De façon générale, nous dit Ewald, nous sommes en train de passer d'un monde où le risque se mesurait au plan collectif à un monde où les données nous permettraient de gérer les aléas au niveau individuel, ou encore d'une société du risque à une société des data (Ewald 2011). Mais où sont ces données, et où est cette utopie digitale dans la crise du Covid19 ?

### ***Le problème des données***

Dans leur description optimiste de la « révolution du big data », Mayer-Schönberger et Cukier (2014) annoncent que l'on a/aura (?) enfin accès à l'exhaustivité des données ; plus besoin de passer par des échantillons, puisque l'on peut capter l'intégralité des informations disponibles pour tout le monde – le fameux « N=all ». De plus, ces données nativement numériques se passeraient de l'intervention humaine qui, par la création de questionnaires et la codification des réponses possibles, brouillerait la perception du phénomène (Barry et Fisher 2019). Beaucoup se sont déjà opposés à cette description utopiste, avançant que les données ne reflètent jamais que la partie, connectée, du monde (Boyd et Crawford 2012) et que les données, même captées par des senseurs, résultent toujours d'une définition, humaine, donnée à priori à la machine (Kitchin 2014).

Pour ce qui est du Covid 19, là encore la surprise est grande ; on aurait techniquement la possibilité de se servir de données granulaires pour modéliser très finement la propagation de la maladie, permettant de dépasser les modèles compartimentaux. Ainsi un chercheur interrogé par *The Economist* (2020) avance que l'usage des données des smartphones permettrait de comprendre si des interactions entre amis seraient plus ou moins risquées que celles avec un livreur, par exemple. C'est aussi la position d'une chercheuse de l'Inserm qui mène ce type d'études pour la France (*Le Monde.fr* 2020). Une autre initiative, de l'Institut Koch en Allemagne, vise à se servir des données issues des bracelets connectés dans ce même but de recherche sur la base du volontariat, dans une initiative bien nommée *Corona Datenspende*, ou "don de données corona" (Robert Koch Institute 2020; voir aussi Stanford Medicine 2020 pour une initiative similaire aux Etats-Unis).

Si certains projets sont à l'étude, la réalité reste cela dit beaucoup plus limitée. On assiste d'un côté à une avalanche de chiffres, au niveau mondial, alimentés quotidiennement ; de l'autre, la qualité de ces données est mauvaise, les rendant presque inutilisables. Ce sont avant tout des données de statistiques classiques, agrégées et qui relèvent d'une codification manuelle, parfois elle-même modifiée en pleine épidémie (Tsang et al. 2020). A ce titre, le nombre de cas répertoriés étant tributaire de la politique de tests adoptée et de la proportion, inconnue, de cas asymptomatiques, du type d'établissements dans lesquels se fait ou non la collecte, on ne peut pas comparer les pays entre eux, ni un même pays à différentes périodes (Flaxman et al. 2020, 3). On ne connaît pas, par conséquent, à fin mars, le niveau de prévalence de la maladie, ni ne peut-on calculer un taux de létalité fiable. Même pour ce qui est des décès, on ne sait pas, par exemple, quelle est la politique de codification de chaque pays ; comment notamment l'Allemagne enregistre-t-elle les décès Covid 19 par rapport aux autres causes de décès dans le pays?

Comme pour la grippe, une évaluation de la mortalité liée à la pandémie Covid, passe alors par une mesure de la surmortalité globale, beaucoup plus fiable que les données collectées directement (Surico et Galeotti 2020). Une possibilité non encore totalement exploitée semble être l'usage de sondages ou de questionnaires sur la base du volontariat via des applications créées ad hoc (Benkimoun 2020b; Menni et al. 2020). Pour caractériser le degré d'incertitude où nous laissent les chiffres actuels, Lorraine Daston parle d'un « ground zero » de l'empirisme ; devant la radicale nouveauté du phénomène et la quantité d'inconnues qui l'accompagnent, on ne sait plus distinguer l'anecdote ou la corrélation hasardeuse du fait scientifique. Ainsi les « cas étranges » s'échangent et se discutent entre scientifiques de la planète. Mais le brouillard statistique est encore très épais (Daston 2020). On est donc très loin de données individualisées, collectées automatiquement par des senseurs, premier frein à la gestion digitale de la pandémie.

### ***La nécessité des tests et le problème du traçage***

Le deuxième frein, de taille, est probablement logistique avant d'être éthique. En effet, la solution « personnalisée » passe à première vue par le dépistage massif au moyen de tests qui ont cruciallement fait défaut dans la plupart des pays au début de la pandémie, bien que la molécule ait été identifiée très tôt. Couplé aux tests - s'ils sont disponibles-, le traçage soulève alors des enjeux éthiques associés à l'usage de données personnalisées. Il y a pourtant ici semble-t-il, un malentendu. Comme

on l'a vu en effet, l'épidémiologie depuis John Snow se focalise sur la détection de cas et la reconstitution de la chaîne de propagation. Sansonetti nous rappelle ainsi à propos de la typhoïde :

Robert Koch et ses élèves établirent, dès le début des épidémies de fièvre typhoïde, une approche de diagnostic à grande échelle, y compris de dépistage des porteurs asymptomatiques, avec mise en quarantaine de tout sujet présentant une coproculture positive. Cette approche était si bien rodée et efficace, au prix d'un travail intensif d'agents sanitaires et de laboratoires de diagnostic, qu'avant sa mort en 1911, Robert Koch doutait ouvertement de la nécessité de vacciner contre cette maladie (Sansonetti 2020b, 2).

C'est aussi ce que défend le professeur Piarroux lorsqu'il clame que « l'expérience des épidémies s'est perdue en France » (Benkimoun 2020a). L'approche ciblée est de l'avis unanime des chercheurs, bien plus efficace que celle de masse (Ferguson et al. 2006, 449), et consiste à isoler les cas déclarés et à mettre en quarantaine les cas suspects: “both case isolation and household quarantine *are core epidemiological interventions for infectious disease mitigation*” (N. Ferguson et al. 2020, 15, nos italiques). Dans le cas du Covid 19, l'infectiosité précédant les symptômes, l'isolation de cas déclarés est de plus insuffisante, d'où la pertinence de reconstituer, manuellement ou électroniquement, la chaîne de propagation pour retrouver et tester les cas-contacts avant qu'ils ne se déclarent. Certains chercheurs se prononcent ainsi franchement en faveur de la solution électronique :

La recherche rapide, efficace et à grande échelle des contacts est un élément essentiel permettant de libérer partiellement les contraintes de distanciation sociale dans les mois à venir. Cela nécessiterait des technologies numériques qui sont actuellement étudiées en Europe, à l'instar de ce qui s'est fait en réponse à l'épidémie de COVID-19 en Asie. Les contraintes logistiques doivent être envisagées, notamment la capacité de diagnostic rapide et à grande échelle, ainsi que l'adoption par la population de la technologie de tracing, le respect des recommandations et la coordination entre les pays pour permettre la recherche des contacts au-delà des frontières (di Domenico et al. 2020, 12, traduction personnelle).

Techniquement, sinon logiquement, nos sociétés sont équipées pour apporter des réponses digitales à ces enjeux de détection. Cette solution se heurte pourtant à la difficulté de recueillir l'adhésion du public, dans des sociétés où la protection de la vie privée est perçue comme fondamentale. Certains pays (e.g. Hong Kong, Chine, Corée du Sud, Taiwan) se servent en effet des données géolocalisées pour contrôler les déplacements des individus, notamment (uniquement ?) ceux placés en quarantaine (*The Economist* 2020), ou les données des cartes de crédit pour reconstituer des itinéraires (Fisher et Sang-Hun 2020), mettant en place ce que les journalistes appellent un « coronopticon », pour nouveau système de surveillance disciplinaire en lien avec la crise du coronavirus (*The Economist* 2020).

Certaines solutions de traçage s'appuient également sur ces données de géolocalisation. Suivant que les données sont ou non centralisées, l'application est considérée comme plus ou moins intrusive (Montjoye et al. 2020; Sportisse 2020). D'autres solutions (e.g. singapourienne, française et européenne en projet (Sportisse 2020)) clament leur respect des enjeux de confidentialité, en ne capturant que la liste cryptée des individus passés à proximité du malade, sans accès aux

données de géolocalisation des uns et des autres. Pour limiter encore l'intrusion dans la vie privée, les gouvernements proposent l'application sur la base du volontariat. Cette position très prudente montre combien le sujet est perçu comme sensible, visiblement plus sensible que la privation totale de liberté de déplacement induite par le confinement généralisé. Mais ces hésitations risquent de rendre l'initiative caduque car pour être efficace, l'application requiert une participation massive : on ne peut reconstituer la chaîne de propagation que si la majeure partie des maillons sont parmi ses utilisateurs.

Étonnamment, ces solutions numériques, qui ne sont que la version numérisée, systématisée d'une pratique épidémiologique bien établie, soulèvent donc une panoplie d'obstacles. Au-delà des sujets de surveillance et de confidentialité, le transfert à la machine est aussi évoqué comme un problème car on ne remplace pas une recommandation humaine par une alerte automatisée sans induire une modification des comportements. Pour citer encore le professeur Piarroux, l'anonymisation « transforme les cas en points et je ne sais pas faire porter un masque à un point, ni l'aider à protéger ses proches » (Benkimoun 2020a). D'autres mettent en avant la responsabilisation induite des individus porteurs de risques, auxquels on demanderait de se mettre en quarantaine sans en faire le suivi (Baker 2020).

Que dire alors des problèmes potentiels d'un vrai saut digital dans la gestion de la pandémie ? Yoshua Bengio, l'un des pères de l'Intelligence Artificielle actuelle, propose de faire du traçage un outil pour l'octroi d'un score de risque en fonction des contacts et des rencontres de chacun. Les lieux eux-mêmes se verraient attribuer un score dynamique qui permettrait de s'écarter des fortes concentrations de risque. Sur son site, Bengio donne la description suivante :

Imagine that an app in your phone would keep track of the probability that you are infected based on where you have been and the encounters you made and would share that risk information with people's phones you encounter so their app could update their own risk estimation. All such sharing would be completely anonymous. (Moayed et Bengio 2020).

Les seules données déterministes de l'algorithme seraient la liste (cryptée) des utilisateurs détectés positifs, la liste cryptée et dynamique des contacts, et des questionnaires de santé quotidiens remplis par les utilisateurs (Monnier 2020). Les données régulièrement mises à jour permettraient de continuer à entraîner le modèle et d'ajuster sa précision. Même si la description est très sommaire, on devine qu'il s'agit d'un couplage de la solution de traçage précédemment évoquée (soudain bien anodine), avec les modèles épidémiologiques éclairés par les données individuelles (du type de l'initiative allemande).

Le but n'est plus simplement de donner l'alerte « cas-contact » mais d'attribuer un score de risque à chacun.<sup>13</sup> Pour Bengio, l'usage de l'application serait alors vu comme une forme de civisme puisque cela contribuerait à l'information de chacun sur le risque encouru dans chaque rencontre : « le but ici n'est pas de blâmer ou

---

<sup>13</sup> La solution française/européenne semble également s'orienter vers un niveau de risque plutôt qu'une simple alerte – cf Sportisse (2020).

d'identifier mais plutôt de fournir aux citoyens les informations dont ils ont besoin pour minimiser leur risque de contamination » (Moayed et Bengio 2020, traduction personnelle).

On voit cependant facilement émerger cet autre risque, celui d'être mis à part, sur la base de seules corrélations. Les individus plus risqués que les autres deviendraient soudain les « autres » du système (Aradau et Blanke 2018), les impurs dont il faut s'écarter. D'ailleurs le descriptif se poursuit sans ambages : « imaginez que, lorsque vous rencontrez quelqu'un, vous soyez en mesure de savoir quel risque de contamination il porte, et que vous puissiez ainsi choisir de garder vos distances, ou ne pas le laisser entrer dans votre magasin, votre maison ou votre voiture » (Moayed et Bengio 2020, traduction personnelle).

On voit aussi réapparaître, derrière la figure du citoyen éclairé, la forme de responsabilisation invoquée par les tenants du solidarisme pastorien à la fin du 19<sup>e</sup> siècle ; chacun est à la fois responsable du risque qu'il court (et se doit de gérer son score pour le minimiser) mais aussi du risque qu'il fait courir aux autres s'il ne le maîtrise pas. La maladie infectieuse entrerait alors dans ce domaine de la santé perçue comme « une sorte de zone transactionnelle entre des considérations politiques pour l'aptitude physique (*fitness*) de la nation et des techniques personnelles de souci de soi » (Rose 2001, 3, traduction personnelle).

## Conclusion

Le digital permettra-t-il d'apporter une réponse efficace à la gestion des pandémies ? Dans une approche rétrospective, les épidémies apparaissent au cœur de l'émergence du concept de population et des outils statistiques, tout en imposant un point de résistance à l'approche globale. Le contrôle de la contagion passe par la détection de cas, et semble en cela en parfaite congruence conceptuelle avec la façon dont les technologies actuelles d'intelligence artificielle prétendent approcher les phénomènes collectifs ; nous ne sommes plus dans la solidarité assurantielle classique, où certains cas sont compensés par d'autres.

Pour autant, on aurait tort de penser que le digital apporte une réponse -fût-elle partielle- immédiate au problème épidémique. Pour ce qui est des solutions de traçage digital considérées ici, énormément de paramètres (au-delà des données personnelles) sont nécessaires pour les rendre efficaces. Ces paramètres ne peuvent venir que d'une meilleure connaissance de la maladie, donc de médecins et non de data scientists. Mais l'épidémie nous aidera peut-être à repenser notre usage du digital, pour en comprendre à la fois la force et la faiblesse. Sa force apparente est dans l'effet de levier associé au ciblage de l'action et des mesures à prendre, dans un environnement où les ressources sont – et dans le cas du Covid 19 tragiquement- insuffisantes. Mais c'est aussi sa faiblesse, ou son danger. Car plus la technologie permettra de différencier efficacement et de mettre à part, plus la tentation sera grande de revenir au partage entre le pur et l'impur qui voisine toujours avec l'imaginaire de la maladie. Il ne faut pas oublier cependant que le score n'est jamais qu'une indication statistique de risque, même si l'erreur est réduite (ou pour cela même ?).

Nul besoin du digital pour reconstituer la chaîne des contacts qui, on l'a vu, est une pratique centenaire en épidémiologie ; il offre cependant un saut technologique prometteur justement parce qu'il se donne pour objet l'individu et non le groupe. En aidant à casser plus efficacement et plus rapidement la chaîne d'interdépendance, il participerait aussi à défaire la solidarité épidémique. C'est alors peut-être que la solidarité assurantielle pourrait reprendre le pas ; là où l'épidémie est contenue, l'indemnisation des plus malchanceux peut être portée par les autres, sans lever la nécessité d'un comportement responsable de tous. L'épidémie nous invite, à n'en pas douter, à repenser notre lien au collectif. Elle secoue notre individualisme et nous rappelle avec force que la santé est notre bien commun. Comme le dit si bien Camus, « il n'y avait plus alors de destins individuels, mais une histoire collective qui était la peste ».

## Références

- Aradau, Claudia, et Tobias Blanke. 2018. « Governing Others: Anomaly and the Algorithmic Subject of Security ». *European Journal of International Security* 3 (1): 1-21. <https://doi.org/10.1017/eis.2017.14>.
- Bailey, Norman T. J. 1950. « A Simple Stochastic Epidemic ». *Biometrika* 37 (3/4): 193. <https://doi.org/10.2307/2332371>.
- Baker, Stewart. 2020. « The Problem With Google and Apple's COVID-19-Tracking Plan ». *Lawfare* (blog). 14 avril 2020. <https://www.lawfareblog.com/problem-google-and-apples-covid-19-tracking-plan>.
- Barry, Laurence, et Eran Fisher. 2019. « Digital Audiences and the Deconstruction of the Collective ». *Subjectivity* 12 (3): 210-27. <https://doi.org/10.1057/s41286-019-00073-w>.
- Bartlett, M. S. 1949. « Some Evolutionary Stochastic Processes ». *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)* 11 (2): 211-29.
- . 1964. « The Relevance of Stochastic Models for Large-Scale Epidemiological Phenomena ». *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)* 13 (1): 2-8. <https://doi.org/10.2307/2985217>.
- Bartlett, Maurice S. 1953. « Stochastic Processes or the Statistics of Change ». *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)* 2 (1): 44-64. <https://doi.org/10.2307/2985327>.
- Bartlett, M.S. 1956. « Deterministic and Stochastic Models for Recurrent Epidemics ». In *Proceedings of the Third Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 4: Contributions to Biology and Problems of Health*, 81-109.
- Benkimoun, Paul. 2020a. « Coronavirus : « Il faut cartographier les cas de porteurs du virus et renforcer la surveillance là où existent des clusters » ». *Le Monde.fr*, 9 avril 2020.

- [https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/04/09/renaud-piarroux-l-experience-des-epidemies-s-est-perdue-en-france\\_6036096\\_3244.html](https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/04/09/renaud-piarroux-l-experience-des-epidemies-s-est-perdue-en-france_6036096_3244.html).
- . 2020b. « Coronavirus en France : « En matière de prévention, nous ne sommes pas à la hauteur de l'épidémie » ». *Le Monde.fr*, 11 avril 2020. [https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/04/11/en-matiere-de-prevention-nous-ne-sommes-pas-a-la-hauteur-de-l-epidemie\\_6036316\\_3244.html](https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/04/11/en-matiere-de-prevention-nous-ne-sommes-pas-a-la-hauteur-de-l-epidemie_6036316_3244.html).
- Boyd, Dana, et Kate Crawford. 2012. « Critical Questions for Big Data ». *Information, Communication and Society* 15 (5): 662-79. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2012.678878>.
- Britton, Tom. 2010. « Stochastic Epidemic Models: A Survey ». *Mathematical Biosciences* 225 (1): 24-35. <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2010.01.006>.
- Choisy, M., J-F. Guegan, et P. Rohani. 2007. « Mathematical Modeling of Infectious Diseases Dynamics ». In *Encyclopedia of Infectious Diseases: Modern Methodologies*, par M. Tibayrenc, 379-404. John Wiley & Sons.
- Colombo, Camilla, et Mirko Diamanti. 2015. « The Smallpox Vaccine: The Dispute between Bernoulli and d'Alembert and the Calculus of Probabilities ». *Lettera Matematica* 2 (4): 185-92. <https://doi.org/10.1007/s40329-015-0073-5>.
- Cwikel, Julie. 2006. *Social Epidemiology: Strategies for Public Health Activism*. Columbia University Press.
- Daston, Lorraine. 2020. « Ground-Zero Empiricism ». *Critical Inquiry* (blog). 10 avril 2020. <https://critinq.wordpress.com/2020/04/10/ground-zero-empiricism/>.
- Domenico, Laura di, Giulia Pullano, Chiara Sabbatini, Pierre-Yves Boelle, et Vittoria Colizza. 2020. « Expected impact of lockdown in Île-de-France and possible exit strategies ». 9. Paris: INSERM.
- Elveback, Lila R., John P. Fox, Eugene Ackerman, Alice Langworthy, Mary Boyd, et Lael Gatewood. 1976. « An Influenza Simulation Model for Immunization Studies ». *American Journal of Epidemiology* 103 (2): 152-65. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a112213>.
- Ewald, François. 1986. *L'Etat Providence*. Grasset.
- . 2011. « Omnes et Singulatim. After Risk ». *Carceral Notebooks* 7: 77-107.
- Fabre, Gérard. 1998. « La compréhension sociologique de la notion de contagion : concepts et métaphores ». *Sociologie d'aujourd'hui*, 27-37.
- Ferguson, Neil, D. Laydon, G. Nedjati Gilani, N. Imai, K. Ainslie, M. Baguelin, S. Bhatia, et al. 2020. « Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID19 mortality and healthcare demand ». Report. 20. <https://doi.org/10.25561/77482>.
- Ferguson, Neil M., Derek A. T. Cummings, Simon Cauchemez, Christophe Fraser, Steven Riley, Aronrag Meeyai, Sophon Iamsirithaworn, et Donald S. Burke. 2005. « Strategies for Containing an Emerging Influenza Pandemic in

- Southeast Asia ». *Nature* 437 (7056): 209-14.  
<https://doi.org/10.1038/nature04017>.
- Ferguson, Neil M., Derek A. T. Cummings, Christophe Fraser, James C. Cajka, Philip C. Cooley, et Donald S. Burke. 2006. « Strategies for Mitigating an Influenza Pandemic ». *Nature* 442 (7101): 448-52.  
<https://doi.org/10.1038/nature04795>.
- Fisher, Max, et Choe Sang-Hun. 2020. « How South Korea Flattened the Curve ». *The New York Times*, 23 mars 2020, sect. World.  
<https://www.nytimes.com/2020/03/23/world/asia/coronavirus-south-korea-flatten-curve.html>.
- Flaxman, S., S. Mishra, A. Gandy, H. Unwin, H. Coupland, T. Mellan, H. Zhu, et al. 2020. « Report 13: Estimating the number of infections and the impact of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in 11 European countries ». Report. 35.  
<http://spiral.imperial.ac.uk/handle/10044/1/77731>.
- Foucault, Michel. 1975. *Surveiller et punir*. Paris: Gallimard.
- . 1976. *Histoire De La Folie a L'age Classique*. Paris: Tel Gallimard.
- . 2004. *Sécurité, territoire, population. Cours au Collège de France 1977-1978*. Paris: Ehes/Gallimard/Seuil.
- . 2009. *Naissance de la clinique*. PUF edition. Paris: PUF.
- Hacking, Ian. 1975. *The Emergence of Probability: A Philosophical Study of Early Ideas about Probability, Induction and Statistical Inference*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Heesterbeek, J.A.P. 2002. « A Brief History of R0 and a Recipe for Its Calculation ». *Acta Biotheoretica* 50 (3): 189-204.  
<https://doi.org/10.1023/A:1016599411804>.
- Jacob, Christine. 2010. « Branching Processes: Their Role in Epidemiology ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 7 (3): 1186-1204. <https://doi.org/10.3390/ijerph7031204>.
- Kendall, David G. 1956. « Deterministic and Stochastic Epidemics in Closed Populations ». In *Proceedings of the Third Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 4: Contributions to Biology and Problems of Health*. <https://projecteuclid.org/euclid.bsmmsp/1200502553>.
- Kermack, William Ogilvy, et A. G. McKendrick. 1927. « A contribution to the mathematical theory of epidemics ». *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character* 115 (772): 700-721. <https://doi.org/10.1098/rspa.1927.0118>.
- Kitchin, Rob. 2014. « Big Data, New Epistemologies and Paradigm Shifts ». *Big Data & Society* 1 (1): 1-12. <https://doi.org/10.1177/2053951714528481>.
- Kousoulis, Antonis A., Konstantinos P. Economopoulos, Effie Poulakou-Rebelakou, George Androutsos, et Sotirios Tsiodras. 2012. « The Plague of Thebes, a Historical Epidemic in Sophocles' Oedipus Rex ». *Emerging Infectious Diseases* 18 (1): 153-57. <https://doi.org/10.3201/eid1801.ad1801>.

- Latour, Bruno. 1984. *Les microbes, guerre et paix*. Paris: Métailié.
- Le Bras, Hervé. 2000. *Naissance de la mortalité*. Paris: Le Seuil.
- Le Monde.fr*. 2020. « Pourquoi les données téléphoniques aident à comprendre la pandémie de Covid-19 », 27 mars 2020. [https://www.lemonde.fr/pixels/article/2020/03/27/pourquoi-les-donnees-telephoniques-aident-a-comprendre-la-pandemie-de-covid-19\\_6034708\\_4408996.html](https://www.lemonde.fr/pixels/article/2020/03/27/pourquoi-les-donnees-telephoniques-aident-a-comprendre-la-pandemie-de-covid-19_6034708_4408996.html).
- Longini, Ira M., M. Elizabeth Halloran, Azhar Nizam, et Yang Yang. 2004. « Containing Pandemic Influenza with Antiviral Agents ». *American Journal of Epidemiology* 159 (7): 623-33. <https://doi.org/10.1093/aje/kwh092>.
- Longini, Ira M., Azhar Nizam, Shufu Xu, Kumnuan Ungchusak, Wanna Hanshaoworakul, Derek A. T. Cummings, et M. Elizabeth Halloran. 2005. « Containing Pandemic Influenza at the Source ». *Science (New York, N.Y.)* 309 (5737): 1083-87. <https://doi.org/10.1126/science.1115717>.
- Massonnaud, Clément, Jonathan Roux, et Pascal Crépey. 2020. « COVID-19: Forecasting Short Term Hospital Needs in France ». *MedRxiv*, mars, 2020.03.16.20036939. <https://doi.org/10.1101/2020.03.16.20036939>.
- Mayer-Schönberger, Viktor, et Kenneth Cukier. 2014. *Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think*. Reprint edition. Boston: Eamon Dolan/Mariner Books.
- Menni, Cristina, Ana Valdes, Maxim B. Freydin, Sajaysurya Ganesh, Julia El-Sayed Moustafa, Alessia Visconti, Pirro Hysi, et al. 2020. « Loss of Smell and Taste in Combination with Other Symptoms Is a Strong Predictor of COVID-19 Infection ». *MedRxiv*, avril, 2020.04.05.20048421. <https://doi.org/10.1101/2020.04.05.20048421>.
- Moayed, Vargha, et Yoshua Bengio. 2020. « Peer-to-Peer AI-Tracing of COVID-19 ». *Yoshua Bengio* (blog). 23 mars 2020. <https://yoshuabengio.org/2020/03/23/peer-to-peer-ai-tracing-of-covid-19/>.
- Mollison, Denis. 1977. « Spatial Contact Models for Ecological and Epidemic Spread ». *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)* 39 (3): 283-326.
- Monnier, Olivier. 2020. « «Sans méthodes de traçage, on ne pourra pas se débarrasser du virus» ». *Mediapart*. 9 avril 2020. <https://www.mediapart.fr/journal/international/090420/sans-methodes-de-tracage-ne-pourra-pas-se-debarrasser-du-virus>.
- Montjoye, Yves Alexandre, Florimond Houssiau, Andrea Gadotti, et Florian Guepin. 2020. « Evaluating COVID-19 Contact Tracing Apps? Here Are 8 Privacy Questions We Think You Should Ask. » 2 avril 2020. <https://cpg.doc.ic.ac.uk/blog/evaluating-contact-tracing-apps-here-are-8-privacy-questions-we-think-you-should-ask/>.
- Moor, Liz, et Celia Lury. 2018. « Price and the person: markets, discrimination, and personhood ». *Journal of Cultural Economy* 11 (6): 501-13. <https://doi.org/10.1080/17530350.2018.1481878>.

- Murphy, T D. 1981. « Medical knowledge and statistical methods in early nineteenth-century France. » *Medical History* 25 (3): 301-19.
- Paillard, Bernard. 1998. « Petit historique de la contagion ». *Communications* 66 (1): 9-19. <https://doi.org/10.3406/comm.1998.2000>.
- Pellis, Lorenzo, Frank Ball, et Pieter Trapman. 2011. « Reproduction Numbers for Epidemic Models with Households and Other Social Structures. I. Definition and Calculation of R0. » *Mathematical Biosciences* 235 (1): 85-97. <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2011.10.009>.
- Pentland, Alex. 2014. *Social Physics: How Good Ideas Spread-the Lessons from a New Science*. New York: The Penguin Press.
- Robert Koch Institute. 2020. « RKI - Coronavirus SARS-CoV-2 - Corona-Datenspende-App ». Robert Koch Insitute. 2020. [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Corona-Datenspende.html](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Corona-Datenspende.html).
- Roberts, Stephen L. 2019. « Big Data, Algorithmic Governmentality and the Regulation of Pandemic Risk ». *European Journal of Risk Regulation* 10 (1): 94-115. <https://doi.org/10.1017/err.2019.6>.
- Rose, Nikolas. 2001. « The Politics of Life Itself ». *Theory, Culture & Society* 18 (6): 1-30. <https://doi.org/10.1177/02632760122052020>.
- Rouvroy, Antoinette, et Thomas Berns. 2013. « Gouvernamentalité algorithmique et perspectives d'émancipation ». *Réseaux* n° 177 (1): 163-96.
- Sansonetti, Philippe. 2020a. « Covid-19, chronique d'une émergence annoncée ». *La Vie des idées*, mars. <http://www.laviedesidees.fr/Covid-19-chronique-d-une-emergence-annoncee.html>.
- . 2020b. « Sortie de confinement, ou la somme de tous les dangers ». *La Vie des idées*, avril. <http://www.laviedesidees.fr/Sortie-de-confinement-ou-la-somme-de-tous-les-dangers.html>.
- Serfling, Robert E. 1952. « Historical Review of Epidemic Theory ». *Human Biology* 24 (3): 145-66.
- Siegel, Eric. 2016. *Predictive Analytics: The Power to Predict Who Will Click, Buy, Lie, or Die*. 2 edition. Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Smith, David L., Katherine E. Battle, Simon I. Hay, Christopher M. Barker, Thomas W. Scott, et F. Ellis McKenzie. 2012. « Ross, Macdonald, and a Theory for the Dynamics and Control of Mosquito-Transmitted Pathogens ». *PLoS Pathogens* 8 (4). <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002588>.
- Snow, John. 1855. *On the Mode of Communication of Cholera*. 2nd éd. London: John Churchill.
- Snow, Stephanie J. 2008. « John Snow: The Making of a Hero? » *The Lancet* 372 (9632): 22-23. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60978-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60978-2).
- Sportisse, Bruno. 2020. « « Contact tracing » : Bruno Sportisse, PDG d'Inria, donne quelques éléments pour mieux comprendre les enjeux | Inria ». INRIA.

<https://www.inria.fr/fr/contact-tracing-bruno-sportisse-pdg-dinria-donne-quelques-elements-pour-mieux-comprendre-les-enjeux>.

- Stanford Medicine. 2020. « Stanford Medicine Scientists Hope to Use Data from Wearable Devices to Predict Illness, Including COVID-19 ». News Center. 14 avril 2020. <http://med.stanford.edu/news/all-news/2020/04/wearable-devices-for-predicting-illness-.html>.
- Surico, Paolo, et Andrea Galeotti. 2020. « The economics of a pandemic: the case of Covid-19 ». London: London Business School.
- The Economist*. 2020. « Countries are using apps and data networks to keep tabs on the pandemic », 26 mars 2020. <https://www.economist.com/briefing/2020/03/26/countries-are-using-apps-and-data-networks-to-keep-tabs-on-the-pandemic>.
- Topol, Eric J. 2010. « Transforming Medicine via Digital Innovation ». *Science Translational Medicine* 2 (16): 16cm4. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3000484>.
- Tsang, Tim K., Peng Wu, Yun Lin Yun Lin, Eric Lau, Gabriel M. Leung, et Benjamin J. Cowling. 2020. « Impact of Changing Case Definitions for COVID-19 on the Epidemic Curve and Transmission Parameters in Mainland China ». *MedRxiv*, mars, 2020.03.23.20041319. <https://doi.org/10.1101/2020.03.23.20041319>.
- Watson, H. W., et Francis Galton. 1875. « On the Probability of the Extinction of Families ». *The Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland* 4: 138-44. <https://doi.org/10.2307/2841222>.
- World Health Organization. 2008. « Glossary of Humanitarian Terms ». WHO. World Health Organization. 2008. <https://www.who.int/hac/about/reliefweb-aug2008.pdf>.

# PARI

PROGRAMME DE RECHERCHE  
SUR L'APPRÉHENSION DES RISQUES  
ET DES INCERTITUDES

**PARI, placé sous l'égide de la Fondation Institut Europlace de Finance en partenariat avec l'ENSAE/Excess et Sciences Po, a une double mission de recherche et de diffusion de connaissances.**

Elle s'intéresse aux évolutions du secteur de l'assurance qui fait face à une série de ruptures : financière, réglementaire, technologique. Dans ce nouvel environnement, nos anciens outils d'appréhension des risques seront bientôt obsolètes. PARI a ainsi pour objectifs d'identifier leur champ de pertinence et de comprendre leur émergence et leur utilisation.

**L'impact de ses travaux se concentre sur trois champs :**

- les politiques de régulation prudentielle dans un contexte où Solvabilité 2 bouleverse les mesures de solvabilité et de rentabilité (fin du premier cycle de la chaire);
- les solutions d'assurance, à l'heure où le big data déplace l'assureur vers un rôle préventif, créant des attentes de personnalisation des tarifs et de conseil individualisé ;
- les technologies de data science appliquées à l'assurance, modifiant la conception, l'appréhension et la gestion des risques.

Dans ce cadre, la chaire PARI bénéficie de ressources apportées par Addactis, la CCR, Generali, Groupama, la MGEN et Thélem.

Elle est co-portée par **Pierre François**, chercheur au CNRS, doyen de l'Ecole Doctorale de Sciences Po et **Laurence Barry**, chercheur à Datastorm, la filiale de valorisation de la recherche de l'ENSAE.

## PARTENAIRES

