

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

*« Se défier du ton d'assurance qu'il est si facile de prendre et si dangereux d'écouter »
Charles Coquebert, Journal des mines n°1, Vendémiaire An III (septembre 1794)*



Premiers enseignements de la crise sanitaire

UNE SÉRIE DES
ANNALES
DES MINES

FONDÉES EN 1794

*Publiées avec le soutien
de l'Institut Mines Télécom*

N°108
OCTOBRE 2022

UNE SÉRIE DES
**ANNALES
 DES MINES**
 FONDÉES EN 1794

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

ISSN 1268-4783

Série trimestrielle - N°108 - Octobre 2022

Rédaction

Conseil général de l'Économie (CGE)
 Ministère de l'Économie, des Finances
 et de la Souveraineté industrielle et numérique
 120, rue de Bercy
 Télédoc 797
 75572 Paris Cedex 12
 Tél. : 01 53 18 52 68
<http://www.annales.org>

Grégoire Postel-Vinay
 Rédacteur en chef

Gérard Comby
 Secrétaire général

Alexia Kappelmann
 Secrétaire générale adjointe

Magali Gimon
 Assistante de rédaction et Maquettiste

Myriam Michaux
 Webmestre et Maquettiste

Publication

Photo de couverture
 Photo libre de droits téléchargée sur le site
 de Pixabay (<https://pixabay.com/fr/photos/coronavirus-virus-masquer-couronne-4914026/>).
 Photo©Tumisu.

Iconographie
 Gérard Comby

Mise en page
 Magali Gimon

Impression
 Dupliprint Mayenne

Membres du Comité de rédaction

Pierre Couveinhes
 Président du Comité de rédaction

Paul-Henri Bourrelier

Dominique Dron

Jean-Luc Laurent

Richard Lavergne

Michel Pascal

Didier Pillet

Grégoire Postel-Vinay

Claire Tutenuit

Benjamin Vignard

La mention au regard de certaines illustrations du sigle « D. R. » correspond à des documents ou photographies pour lesquels nos recherches d'ayants droit ou d'héritiers se sont avérées infructueuses.

Le contenu des articles n'engage que la seule responsabilité de leurs auteurs.

Premiers enseignements de la crise sanitaire

04

Introduction

Jean-Luc LAURENT et Xavier GUCHET

Les aspects biologiques et médicaux

06

Propos introductifs

Jean-Luc LAURENT

11

Développement des vaccins : un « avant » et un « après » Covid ?

Bruno DONINI

15

Pandémie de Covid-19 : contribution de la métrologie à l'évaluation de l'efficacité de filtration des masques de protection

François GAIE-LEVREL, Alexandre BESCOND,
Axel FOUQUEAU, Tatiana MACÉ
et Sophie VASLIN-REIMANN

23

Crise de la Covid-19 : les professionnels des établissements de santé en souffrance

Alicia FOURNIER, Héroïse HALIDAY,
Christine BINQUET, Jean-Pierre QUENOT
et Alexandra LAURENT

27

Troubles chimiosensoriels causés par la Covid-19 : effets à long terme et piste d'une solution

Coline ZIGRAND, Sarah BROSSE,
Nouhaila BOUGUIYOUN, Simon BÉRUBÉ,
Nicholas BUSSIÈRE et Johannes FRASNELLI

31

Évolution de la gestion des crises sanitaires dans l'après-Covid-19

Dr Clément LAZARUS
et Pr Jérôme SALOMON

Le numérique et les données

34

Propos introductifs

Jean-Luc LAURENT

36

Mésinformation et comportements en santé dans le contexte de la pandémie de Covid-19

Edmond BARANES, Marlène GUILLON
et Pauline KERGALL

40

Mesure, estimation et représentations de la Covid-19

Éric GUICHARD et Patrice ABRY

47

Crise de la Covid-19, démocratie et intelligence collective

Benoît DUCHEMANN

52

Intérêt et limites de la modélisation en matière de gestion des épidémies

Laura TEMIME

57

Intelligence artificielle et Covid-19, ou les limites du « solutionnisme technologique »

Nicolas BRAULT

61

Organisation et *monitoring*
des capacités hospitalières
en période de crise

Thierry GARAIX, Camille BREEN,
Mohamed El Habib MESSABIS
et Raksmei PHAN

Les mentalités et les idées

73

Propos introductifs

Xavier GUCHET

75

La Covid-19
et ses impacts psychologiques

Alexis VANCAPPEL, Eline JANSEN
et Wissam EL-HAGE

78

Que nous disent les réticences du public
à l'égard des vaccins contre la Covid-19
des rapports ordinaires à la science ?

Jeremy K. WARD

82

Le conseil scientifique Covid-19 :
une approche épistémologique

Stéphane TIRARD

86

L'autonomie stratégique de la France
pour le médicament passe par l'Europe

Philippe LAMOUREUX

90

La surveillance épidémiologique
comme outil de la gouvernance
des risques : le cas de la Covid-19

Saliha HADNA

97

L'accès à l'eau en temps
de crise sanitaire : le service public
à l'épreuve de la Covid-19 en Guyane

Priscilla THÉBAUX, Damien DAVY
et Agathe EUZEN

102

Covid-19 et nouveaux mécanismes
de régulation économique

Olivia CHEVALIER

106

Vivre le décès d'un proche
en temps de pandémie

Chantal VERDON, Josée GRENIER,
Jacques CHERBLANC, Chantale SIMARD,
Christiane BERGERON-LECLERC,
Danielle MALTAIS, Emmanuelle ZECH
et Susan CADELL

110

Tirer les leçons de la crise du Covid-19
pour mieux gérer les prochaines

Sylvie ZNATY et William DAB

114

L'acceptabilité sociale des mesures
sanitaires : retour sur l'impératif
de la participation publique

Alice FRISER, Marie-Luc ARPIN,
Corinne GENDRON et Stéphanie YATES

119

Une seule santé : prendre en compte
les liens entre la santé humaine,
la santé animale et les écosystèmes

Élisabeth TOUTUT-PICARD

122

Traduction des résumés

128

Biographies des auteurs

Ce numéro a été coordonné
par Jean-Luc LAURENT et Xavier GUCHET

Introduction

Par Jean-Luc LAURENT

Ingénieur général des Mines honoraire

Et Xavier GUCHET

Université de technologie de Compiègne

Le coronavirus, apparu en décembre 2019 en Chine, s'est rapidement propagé à l'ensemble du monde, provoquant une crise sanitaire, économique et sociale majeure. Le 11 mars 2020, l'OMS a qualifié l'épidémie de Covid-19 de « pandémie ».

Fermeture des frontières, confinement des populations, déclaration d'état d'urgence, suspension des liaisons aériennes et maritimes... Le monde entier et donc la France se barricadent pour lutter contre la pandémie.

En quelques semaines, le monde a complètement changé de visage. La stratégie prioritairement utilisée par les différents gouvernements pour faire face à l'épidémie en 2020 a été celle du confinement.

Commerces fermés, événements annulés, usines et transports au ralenti, places boursières qui s'affolent... La pandémie issue du nouveau coronavirus Covid-19 frappe de plein fouet l'économie mondiale au fur et à mesure que les pays se calfeutrent.

La crise sanitaire a donc eu un retentissement de grande ampleur dans nombre de domaines notamment celui de l'économie, et ce dès début 2020. La mise à l'arrêt de pans entiers de l'économie suivie d'épisodes de reprise a affecté les marchés, l'emploi et le monde du travail. Le secteur culturel a également été frappé de plein fouet. Cette crise a eu également un très fort impact sur la vie quotidienne, la santé et le moral des Français. La plupart des pays ont été mis à l'arrêt. Durant la première année de cette crise, on a pu dire que le virus s'est révélé être le maître du temps.

La pandémie de Covid-19 a également mis sous tension l'ensemble des systèmes de santé mondiaux.

Il s'agit donc d'un phénomène majeur aux implications très diverses.

C'est pour cette raison que les *Annales des Mines* ont décidé de consacrer le numéro d'octobre 2022 de la série *Responsabilité & Environnement* à ce sujet.

Il fait notamment suite au numéro de juin 2021 de la série *Enjeux numériques* (consacré à la réponse numérique à la crise sanitaire) et au numéro d'octobre 2021 de la série *Responsabilité & Environnement* intitulé « Environnement et santé : quels impacts, quelles gouvernances ? » Le présent numéro est naturellement ciblé sur la crise sanitaire proprement dite.

En plus de deux ans, le virus a évolué au travers de ses variants. Mais heureusement, dans le même temps, nos connaissances ont progressé. De nombreux commentateurs ont souligné combien, par ses évolutions, le virus surprenait très régulièrement les gestionnaires, les épidémiologistes et les médecins.

Les articles publiés dans ce numéro ont été majoritairement rédigés en mai et juin 2022, ce qui date déjà au regard des connaissances dont disposaient alors les auteurs.

L'objectif de ce numéro est de tirer de premiers enseignements de la crise, sans prétendre ni à l'exhaustivité ni à des analyses définitives.

Nous avons organisé le numéro en trois chapitres intitulés :

- les aspects biologiques et médicaux ;
- les aspects numériques ;
- les mentalités et les idées.

Chacun de ces chapitres fait l'objet d'une introduction destinée à familiariser le lecteur avec le sujet abordé.

Nous souhaitons tout particulièrement remercier les auteurs d'avoir accepté de faire un point sur des thématiques qui sont toujours en pleine évolution.

L'Université du Québec, qui a déjà été partenaire des *Annales des Mines*, a bien voulu participer à cette démarche. Nous la remercions pour l'ouverture internationale qu'elle nous apporte, ainsi que pour l'intérêt des articles que ses membres ont rédigés.

En mai 2022, l'épidémie semble être entrée dans une phase d'accalmie et la cinquième vague est en recul. Cela ne réduit en rien l'intérêt de notre démarche. En effet, l'impact de la crise sur la société et sur l'économie est déjà massif, et une recrudescence cet automne de l'épidémie est malheureusement à craindre (on en perçoit les prémices). Le président du Conseil scientifique affirmait d'ailleurs le 6 mai 2022 : « On sort de cette cinquième vague Omicron, le printemps devrait probablement bien se passer », mais « la pandémie n'est pas finie. »

Sur de nombreuses thématiques de ce numéro, il sera nécessaire d'attendre d'avoir un recul plus important pour pouvoir disposer d'une analyse stabilisée. Par ailleurs, en dépit du grand nombre d'articles composant ce numéro, nous sommes bien conscients que certains aspects de cette crise n'ont pas été traités, ce sera peut-être l'occasion d'y consacrer un nouveau numéro.

Propos introductifs au chapitre « Les aspects biologiques et médicaux »

Par Jean-Luc LAURENT

Ingénieur général des Mines honoraire

Cette introduction est destinée à familiariser nos lecteurs avec les notions de « virus » et de « maladie » et leur permettre de mieux appréhender les articles composant cette première partie. Ce numéro a été réalisé en nous appuyant notamment sur les ressources documentaires de Santé publique France et celles de l'Institut Pasteur, et comporte un développement médical.

Pour commencer

Un peu de vocabulaire

Le 9 janvier 2020, découverte d'un nouveau coronavirus (Sars-CoV-2 : severe acute respiratory disease). Ce dernier est responsable d'une maladie infectieuse appelée Covid-19 (pour Corona Virus Disease 2019).

Bref historique de la pandémie

Une épidémie de pneumonie, décrite à l'époque comme d'allure virale de cause inconnue, a émergé dans la ville de Wuhan (province de Hubei, en Chine), en décembre 2019.

Les autorités chinoises partagent le week-end du 11 et 12 janvier 2020, la séquence complète du génome du coronavirus qu'ils ont détecté dans des échantillons prélevés sur leurs premiers patients. « La séquence du génome des pathogènes est cruciale pour développer des tests de diagnostic spécifiques et identifier les options d'interventions potentielles », souligne Sylvie Van der Werf, responsable du Centre national de référence (CNR) des virus des infections respiratoires à l'Institut Pasteur.

Le 24 janvier 2020, le ministère français chargé de la Santé confirmait trois premiers cas de patients touchés par le coronavirus sur le territoire national. Le 29 janvier 2020, l'Institut Pasteur, en charge de la surveillance des virus respiratoires en France, a séquencé intégralement le génome du coronavirus.

La maladie

La transmission

La Covid-19 est une maladie très contagieuse.

La transmission se fait très fréquemment par l'air (aérosols), essentiellement dans des espaces confinés.

Elle se transmet par des sécrétions minuscules : il s'agit de sécrétions invisibles, qui sont projetées au cours d'une discussion, en éternuant ou en toussant (aérosols), ou de postillons qui peuvent se déposer sur les mains et sur les objets, en particulier en contact étroit avec une personne porteuse de la maladie, qu'elle présente des symptômes ou non. C'est notamment lorsque l'on habite ou travaille avec elle, que l'on ait un contact direct avec elle à moins d'un mètre lors d'une discussion, d'une toux ou d'un éternuement, sans mesures de protection, ou un contact indirect, *via* des objets ou des surfaces contaminées par une personne porteuse du virus.

Quelle est la durée de l'incubation ?

La durée de l'incubation est en moyenne de 5 à 6 jours, avec des extrêmes allant de 2 à 12 jours, ce qui justifie la période de quarantaine de 14 jours.

Quelle est la période de contagiosité ?

La contagiosité débute en moyenne 2 jours avant l'apparition des symptômes et jusqu'à 7 à 10 jours après la survenue des symptômes.

Un peu de médecine

Quelques traits marquants de l'infection au virus Sars (severe acute respiratory disease) CoV-2 et de la maladie Covid (corona virus disease).

Le rôle des asymptomatiques dans la diffusion épidémique

Deux autres coronavirus ont été responsables dans un passé récent de pneumopathies aiguës sévères chez l'homme. Il s'agit :

- du Sars-CoV, apparu lui aussi en Chine et qui a été responsable d'une épidémie de 2002 à 2004 ;
- du MERS (Middle east respiratory syndrome) CoV, qui sévit toujours dans la péninsule arabique.

Dans ces deux cas, l'extension de l'épidémie a pu être limitée, car il n'y a pas eu de contaminations causées par des personnes asymptomatiques.

Contrairement à ces deux précédents, si la diffusion du Sars-CoV-2 a été aussi rapide, c'est en raison de contaminations par des personnes asymptomatiques, c'est-à-dire ne présentant aucun signe de la maladie.

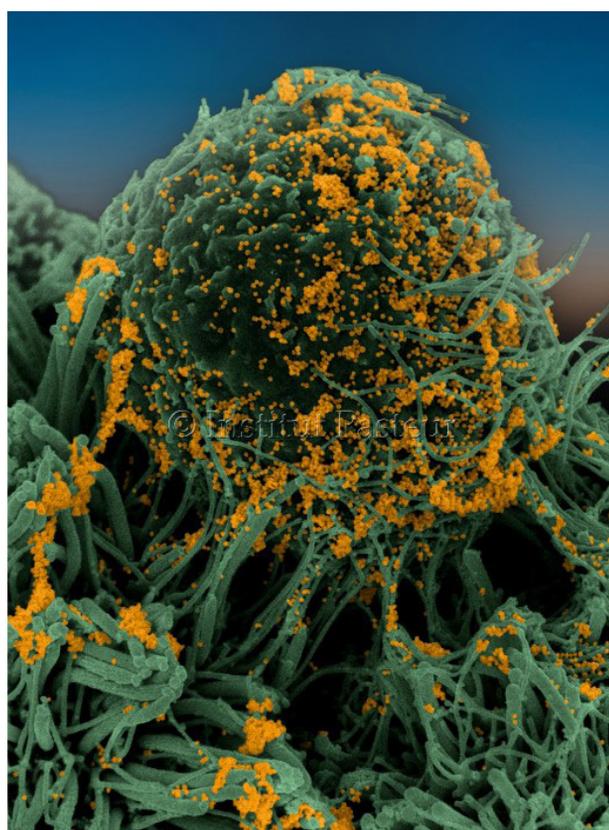


Figure 1 : Cellules bronchiques humaines infectées par Sars-CoV-2 – Crédit : Institut Pasteur.

La diversité des organes atteints

Ce qui au début était annoncé comme une pneumopathie plus ou moins sévère va rapidement s'avérer être une affection bien plus complexe, avec des lésions liées à l'infection virale proprement dite et d'autres liées à une maladie systémique et à un fonctionnement immunitaire anormal.

Certes, l'atteinte respiratoire est fréquemment au premier plan des signes cliniques, qu'il s'agisse le plus souvent d'une simple toux avec de la fièvre, parfois d'une détresse respiratoire hypoxémiante ou, plus rarement, d'un syndrome respiratoire aigu sévère, le principal motif du passage en réanimation.

Mais les manifestations extrapulmonaires sont nombreuses et extrêmement variées : des troubles neurologiques, encéphaliques et médullaires, les plus courants étant l'anosmie et l'agueusie (perte de l'odorat et du goût), très souvent constatées dès le début de la maladie, mais aussi des altérations rénales, hépatiques, gastro-intestinales, cardiaques, endocrines ou encore cutanées.

Vont donc se trouver admis en réanimation des patients avec une défaillance non seulement respiratoire, mais aussi souvent multiviscérale.

La TDM thoracique (tomodensitométrie, ou scanner TDM) va, dès le début de la pandémie, jouer un rôle important dans le diagnostic et le traitement de la maladie :

- En effet, si les signes tomodensitométriques d'atteinte pulmonaire ne sont pas absolument spécifiques, ils sont, dans le contexte pandémique, très hautement évocateurs d'une infection par la Covid.
- Le scanner, passé les premiers jours, a de plus une très haute sensibilité et permet donc de confirmer le diagnostic, même chez les patients avec une PCR négative.
- Le TDM permet également de quantifier le degré de l'atteinte parenchymateuse pulmonaire.
- Il permet aussi le diagnostic des complications, en particulier des embolies pulmonaires.

La maladie thromboembolique

Elle est due à une coagulopathie très complexe associant notamment l'atteinte directe de l'endothélium vasculaire par le Sars-CoV-2, une vasoconstriction et une activation des voies de la coagulation, qui est liée en particulier à un fonctionnement immunologique anormal.

En résultent des macrothromboses, veineuses et artérielles, avec :

- non seulement des embolies pulmonaires responsables de nombreux décès au début de l'épidémie ;
- mais aussi des thromboses veineuses profondes, des thromboses mésentériques, myocardiques, des thromboses de cathéters et de filtres d'épuration extra-rénale...

Outre les macrothromboses, des microthromboses sont retrouvées dans de nombreux organes.

Ces thromboses sont prévenues par la surveillance biologique de la coagulation et la mise en route d'un traitement anticoagulant au-delà d'un certain seuil des marqueurs (en particulier, les D dimers).

Les défis de la réanimation

Les services seront submergés confrontés à un défi, largement exposé dans les médias, celui d'augmenter le nombre de lits.

Outre le manque de personnels, se posera également le risque d'une pénurie :

- en équipements (masques, tenues des personnels, respirateurs, etc.) ;
- et en médicaments, due à l'augmentation massive des commandes des hôpitaux, en particulier ceux américains.

Seront surtout concernés les médicaments utilisés pour la sédation, hypnotiques et curares, qui seront dirigés vers la réanimation plutôt que vers les blocs opératoires souvent mis à l'arrêt. Seront également recherchés des protocoles permettant d'économiser ces produits, lesquels feront l'objet de commandes directes de l'État, et non plus de commandes séparées des pharmacies des différents hôpitaux.

Certains antibiotiques seront aussi en tension.

Les séjours en réanimation des patients Covid sont très longs, de plusieurs semaines, ce qui épuise les équipes, avec au début une mortalité très élevée, démoralisante et démotivante pour le personnel. Il y aura de nombreux déboires dans la recherche de traitements, mais des progrès seront réalisés :

- la mise des patients en procubitus (sur le ventre) améliore leurs capacités pulmonaires, mais nécessite un personnel nombreux lorsqu'il faut les retourner dans leur lit ;
- l'utilisation de l'oxygénothérapie à haut débit non invasive grâce à laquelle le séjour est moins long, de préférence à l'intubation ;
- la corticothérapie (dexaméthazone), qui est souvent mise en œuvre lorsque les patients sont placés sous oxygène et donc en amont de la réanimation, pour diminuer l'atteinte inflammatoire de la réaction dysimmunitaire ;
- enfin, les anticoagulants sont utilisés en prévention des thromboses.

Progressivement, à chaque avancée des connaissances, la mortalité sera significativement abaissée et les délais de séjour en réanimation réduits.

Le virus

Le virus appartient à une importante famille de virus infectant principalement les animaux, qui provoque des infections chez l'homme.

Les différents variants

Les virus se caractérisent dans leur immense majorité par leur évolution génétique constante, laquelle est plus ou moins rapide selon les virus. L'émergence de nouveaux variants au cours du temps est donc un phénomène attendu.

Plusieurs variants du Sars-CoV-2 ont aujourd'hui un impact démontré sur la santé publique (augmentation de la transmissibilité de la maladie, de la gravité de l'infection ou encore de l'échappement immunitaire). Ils sont identifiés *via* des analyses de risque et sont alors qualifiés de variants préoccupants ("variants of concern", ou VOC).

Les variants préoccupants (VOC)

Les premiers variants préoccupants (VOC) sont apparus à partir de fin 2020. Ils font l'objet d'une dénomination internationale, définie par l'OMS et basée sur l'alphabet grec :

- le variant Alpha s'est rapidement propagé en France après son introduction fin 2020 et est devenu majoritaire en mars 2021 ;
- les variants Beta et Gamma ont également circulé au premier semestre 2021, de manière toutefois moindre ;
- le variant Delta est apparu en mai 2021 et a rapidement remplacé les précédents variants : il est devenu majoritaire en France en juillet 2021, représentant plus de 99 % des variants circulant à partir du mois d'août 2021 ;

- le variant Omicron est le dernier VOC à être apparu (fin novembre 2021), sa diffusion est actuellement croissante (avec des sous-variants BA.4 et BA.5 encore plus contagieux).

Les variants à suivre (VOI)

D'autres variants, porteurs de mutations qui les distinguent des souches virales de référence du Sars-CoV-2, sont également régulièrement identifiés, en partie du fait de ce renforcement des capacités de séquençage.

Pour certains de ces variants nouvellement détectés, leur impact en termes de santé publique n'est pas formellement démontré, mais leurs caractéristiques virologiques, cliniques et/ou épidémiologiques justifient leur classement en « variants à suivre » ("variants of interest", ou VOI).

Le variant Omicron

Le variant Omicron a été détecté pour la première fois en Afrique du Sud en novembre 2021 et a depuis diffusé dans de nombreux pays. Les premières études épidémiologiques montrent que ce variant est plus transmissible que le variant Delta (majoritaire au moment de l'émergence). Il a supplanté ce dernier.

Le variant Omicron a été détecté dans des dizaines de pays, dont la France, et est devenu majoritaire en France à la fin de l'année 2021.

Les chercheurs ont montré qu'Omicron est beaucoup moins sensible aux anticorps neutralisants que le variant Delta. Une troisième dose de rappel avec un vaccin ARN, ou l'injection d'une deuxième dose de vaccin chez les personnes ayant fait antérieurement une infection augmentent fortement les taux d'anticorps.

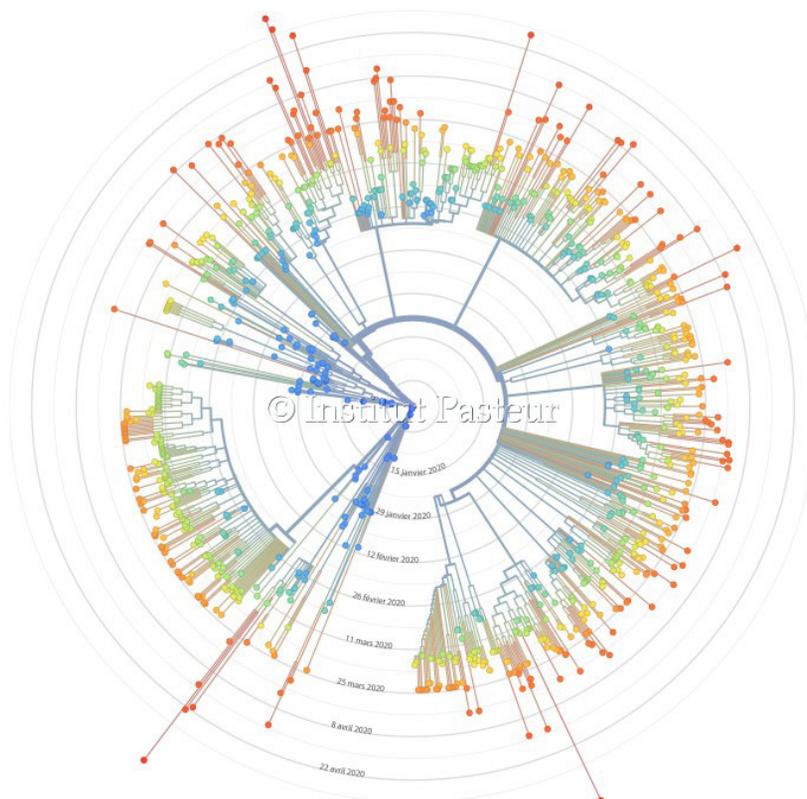


Figure 2 : Arbre phylogénétique calibré dans le temps de 950 génomes du Sars-CoV-2 ; des connaissances partagées librement par la communauté scientifique. Les points de l'arbre sont colorés en fonction de leur date d'échantillonnage – Crédit : Institut Pasteur.

Quelle évolution possible de la pandémie ?

Le point de vue de l'OMS

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a présenté le 30 mars 2022, à Genève, son troisième plan stratégique de lutte contre la pandémie de Covid-19. L'autorité sanitaire a notamment exposé trois scénarios envisageables de l'évolution de la pandémie. Voici à quoi l'on pourrait s'attendre au cours des prochains mois.

Le scénario le plus probable

Le directeur général de l'OMS, Tedros Adhanom Ghebreyesus, a évoqué un premier scénario, le plus probable, selon lequel le virus serait moins virulent au fil des mois. « Le virus va continuer à évoluer, mais la sévérité de la maladie qu'il provoque va aller en s'amenuisant au fur et à mesure que l'immunité augmentera grâce à la vaccination et aux infections », a-t-il expliqué. Des pics d'infection pourraient néanmoins survenir en raison de l'affaiblissement de l'immunité, ce qui pourrait nécessiter des rappels de vaccination, notamment pour les individus les plus vulnérables.

Le scénario du pire

Dans le pire des cas, l'agence onusienne prévoit l'apparition d'un virus plus virulent et hautement transmissible. Selon le directeur de l'OMS, ce scénario du pire pourrait mettre à mal « la protection des populations acquise grâce à une précédente vaccination ou infection ». Si l'épidémie de Covid-19 évolue en ce sens, les autorités sanitaires ainsi que les laboratoires pharmaceutiques seraient amenés à modifier les vaccins déjà existants pour les distribuer ensuite aux personnes les plus fragiles.

Le scénario le plus optimiste

Le scénario le plus optimiste au regard de l'évolution de la pandémie de Covid-19 prévoit des variants beaucoup moins sévères que les précédents. « Dans le meilleur des cas, nous pourrions assister à l'émergence de variants moins sévères, et les rappels ou les nouvelles formules de vaccins ne seront pas nécessaires », a expliqué le directeur général de l'organisation onusienne. Un scénario qui s'avère peu plausible selon Maria Van Kerkhove, qui est la responsable de la lutte contre la pandémie au niveau de l'institution. Elle considère que sous sa forme actuelle, « le virus a encore beaucoup [trop] d'énergie » pour espérer une évolution aussi favorable.

Recommandation française récente sur la vaccination

En mars dernier, la Haute Autorité de santé (HAS) s'est déclarée favorable à une seconde dose de rappel pour les plus de 65 ans et les personnes les plus à risque. Elle ne se montre en revanche pas favorable à l'injection d'une seconde dose de rappel pour la population en général.

Développement des vaccins : un « avant » et un « après » Covid ?

Par Bruno DONINI

Responsable des Politiques publiques pour Sanofi

Des vaccins contre le Covid ont été développés en moins d'un an. Comment a-t-on pu aller aussi vite ? Comment et sur quelle durée sont développés les vaccins en temps normal ? Processus complexe et encadré par de nombreux textes européens et nationaux, mais aussi régi par un ensemble de bonnes pratiques, la mise au point d'un vaccin est une opération longue et coûteuse. Cette approche prudentielle permet de garantir une bonne tolérance aux vaccins et leur efficacité. Mais il est désormais nécessaire de rationaliser les exigences administratives et réglementaires pour pouvoir mettre ces vaccins à la disposition de la population dans de meilleurs délais.

Trois cent vingt-six jours seulement après la publication du génome du Sars-CoV-2, le premier vaccin anti-Covid était approuvé. Début 2021, près de 300 candidats vaccins étaient en cours de développement, dont une soixantaine engagés dans la phase finale d'essai clinique. Un exploit sans précédent qui a mobilisé des centaines de laboratoires du monde entier. Pour mieux comprendre comment cela a pu être possible, revenons sur les origines historiques des vaccins.

Brève histoire d'immunologie

Depuis les premières migrations d'Homo Sapiens, il y a 150 000 ans, les épidémies ont toujours accompagné l'homme, s'accommodant de sa sédentarisation au Néolithique, puis du développement des cités, des guerres et de la découverte des nouveaux mondes, avant de s'accélérer au XX^e siècle avec les moyens de déplacement transcontinentaux, le changement climatique ou encore les modes d'élevage dits intensifs. Parmi les grands fléaux du Moyen Âge, figurait, aux côtés de la Peste noire, le virus de la variole qui était particulièrement redouté, étant responsable d'épidémies récurrentes et dévastatrices¹.

Dès le XVII^e siècle, les Chinois avaient observé qu'un survivant à une épidémie de variole était rarement malade lors de l'épidémie suivante. L'idée de reproduire ce phénomène en faisant inhaler, après les avoir réduites en poudre, des croûtes de pustules séchées d'un patient varioleux à une personne non malade pour qu'elle produise des anticorps la protégeant de

l'infection se développa, avant de gagner les pays de l'actuel Moyen Orient. Cette approche empirique, appelée variolisation, qui est une ébauche de l'actuelle vaccination, n'était pas sans risques (un décès sur dix patients infectés). Elle fut progressivement introduite en Europe, en étant améliorée dans l'objectif de limiter les décès post-vaccinaux².

Le premier vaccin humain moderne est celui contre la rage, une maladie qui, transmise par contact cutané avec la bave d'un animal malade, est létale une fois le virus installé dans le système nerveux. Créé par Louis Pasteur et Émile Roux à la fin du XIX^e siècle, à une époque où les notions même de virus et de bactéries étaient encore balbutiantes, le vaccin antirabique fut là encore développé empiriquement – sans disposer d'une quelconque notion sur le fonctionnement du système immunitaire –, par atténuation du virus selon des procédés physiques (chaleur, vieillissement). En effet, les anticorps seront identifiés dans le courant des années 1930 et ce n'est que dans les années 1960 que l'on découvrira les interactions cellulaires conduisant à la production desdits anticorps.

Vers le milieu du XX^e siècle, en parallèle d'une accélération fulgurante des connaissances en immunologie, du développement des outils et méthodes d'observation ainsi que du séquençage du génome des agents infectieux, le développement des vaccins s'est rapidement rationalisé, s'appuyant à la fois sur la rigueur des statistiques et la montée en puissance des essais cliniques de grande ampleur.

¹ MORAND S. (2016), *La prochaine peste*, Paris, Fayard.

² BAZIN H. (2008), *L'histoire des vaccinations*, Paris, John Libbey Eurotext.

Aujourd'hui, il existe une prévention vaccinale efficace contre de nombreuses maladies encore récemment mortelles³, et la recherche se poursuit.

Une recherche en continu

Si de grands fléaux comme le VIH ou certaines formes de tuberculose continuent de faire des ravages, c'est que la connaissance des pathogènes ne suffit pas pour concevoir des vaccins efficaces. La fonction d'un vaccin est d'amener le corps humain à produire des anticorps, mais encore faut-il qu'ils soient capables d'éliminer l'agent infectieux ou, tout au moins, de l'empêcher de se multiplier dans l'organisme. De nombreux projets sont donc régulièrement abandonnés... Le taux d'échec entre la phase préclinique et la phase clinique (essais sur l'homme) est supérieur à 90 %. Aujourd'hui, l'OMS n'a approuvé que 11 vaccins contre le Covid, alors même qu'il existe encore 205 candidats vaccins en phase clinique ou préclinique⁴.

Mais échec ne signifie pas temps perdu. Le développement d'un vaccin est un continuum, et chaque étape est utile. Les nombreux essais de vaccins VIH réalisés ces dernières années ont permis d'aboutir à la maîtrise de la technologie à vecteur viral à adénovirus. De même, la technologie à ARN messager, pourtant explorée depuis de nombreuses années, mais sans succès, pour développer de nouveaux vaccins, s'est révélée décisive pour lutter contre le Sars-CoV-2⁵.

Au-delà de la recherche de nouveaux antigènes vaccinaux, l'amélioration des vaccins existants occupe une place essentielle dans l'industrie du vaccin. Recours à des adjuvants pour augmenter la réponse immunitaire, à des antigènes vaccinaux purifiés et mieux tolérés (coqueluche acellulaire), à des combinaisons vaccinales pour améliorer l'acceptabilité du vaccin ou encore modifications de la composition initiale de celui-ci sont autant de pistes de développement menant, *in fine*, à une meilleure protection de la population.

Les trois étapes de développement d'un vaccin

Le vaccin est soumis aux exigences s'appliquant à un produit biologique. Il doit ainsi répondre à trois critères de base pour l'obtention d'une autorisation de commercialisation : sa sécurité, son efficacité et sa qualité (Norman W Baylor, 2022). Son développement se déroule en trois étapes.

Le développement préclinique

Le développement préclinique – sur l'animal – permet de déterminer le choix de l'antigène, de la cible antigénique, de la plateforme technologique, de la dose et de

l'éventuel corrélat de protection, ainsi que des études des mécanismes immunitaires et des études de toxicité à réaliser.

Le développement clinique

Le développement clinique – sur l'homme – se déroule habituellement en trois phases successives, pouvant durer de nombreux mois, voire des années :

- phase 1 : étude de tolérance locale et systémique et étude préliminaire de la réponse immunitaire et des éventuelles interactions entre vaccins ;
- phase 2 : recueil des données de sécurité/dose/efficacité dans la population cible ;
- phase 3 : essai d'efficacité en situation réelle.

Le développement pharmaceutique

Le développement pharmaceutique intègre la production proprement dite du vaccin, les méthodes de contrôle, la mise au point des réactifs et l'ensemble des spécifications qui serviront à la libération des lots. Cette partie du développement est encadrée par de nombreux textes, notamment européens⁶.

On peut ajouter une quatrième phase, laquelle intervient après l'autorisation de mise sur le marché et qui comprend la surveillance post-commercialisation et le recueil des données de sécurité en vie réelle.

Spécificités et contraintes socio-économiques

Essais cliniques de grande ampleur

En s'adressant à de larges populations, essentiellement en bonne santé, et parfois très jeunes, le vaccin requiert un très haut niveau de qualité et de sécurité. La perception qu'a le public de la sécurité et, dans une moindre mesure, de l'efficacité du vaccin est un élément clé de la réussite d'un programme vaccinal. Avec la quasi-disparition des principales maladies infectieuses, la préoccupation individuelle au regard de la nécessité de se vacciner a été progressivement remplacée par la peur des effets secondaires du vaccin.

Mais seule une étude de tolérance de grande ampleur (avant et pendant la commercialisation) permet de lever les doutes concernant d'éventuels effets indésirables qui sont rares, voire très rares (< 1/10 000 vaccinés). Ainsi, les vaccins rotavirus ont été évalués sur la base d'une population test de près de 70 000 nourrissons⁷ avant d'en envisager la commercialisation, et un des vaccins à ARNm contre la Covid a été évalué sur plus de 43 000 sujets.

Cette croissance exponentielle du nombre des inclusions dans les essais a généré une inflation des durées, qui aujourd'hui sont d'une dizaine d'années, et

³ LEO A., CUNNINGHAM A. & STERN P. L. (2011), "Perspectives in vaccinology", *Vaccines Immunology*, pp. 25-59.

⁴ covid19.trackvaccines.org (27 may 2022).

⁵ LECLERC C. (2007), « L'apport des nouvelles technologies en vaccinologie », *Médecine Science*, pp. 386-390.

⁶ ISPE.org

⁷ REST study – ClinicalTrials.gov, 2004.

des coûts de développement, qui avoisinent le milliard de dollars⁸.

Des vaccins éthiques

L'universalité de la plupart des vaccins impose d'inclure dans les essais cliniques la population dans toute sa diversité. En outre, dans un essai *versus* placebo, si les premiers résultats d'efficacité connus sont positifs, il s'avère nécessaire d'étendre sans attendre le bénéfice du vaccin aux sujets du groupe placebo et limiter pour eux un risque de perte de chance face à la maladie à prévenir. Cette nécessité éthique conduit à raccourcir la durée d'évaluation du vaccin face au placebo, ce qui est parfois utilisé par les mouvements anti-vax pour pointer la faiblesse des preuves apportées par l'industriel.

Enfin, dans le cas d'un vaccin déjà commercialisé dont on cherche à améliorer la formule, il n'est pas possible éthiquement de créer un groupe placebo, dès lors que cela conduirait à priver les sujets concernés d'une protection efficace.

Un bénéfice individuel invisible

Dans la plupart des cas, le sujet est en bonne santé avant toute vaccination, et il faut qu'il le reste, qu'il soit (ou non) ensuite en contact avec le pathogène contre lequel il a été vacciné et donc protégé. Cette absence de bénéfice immédiatement perceptible, associée à une évaluation des risques liés à la maladie biaisée, peut faire intuitivement douter de l'utilité d'un vaccin et nuire à l'implémentation d'un programme vaccinal.

L'efficacité du vaccin pendant ou en dehors d'une phase épidémique

La prévalence (fréquence) d'une maladie à prévenir est un point critique dans le développement d'un vaccin. Il est difficile d'évaluer par essai randomisé contre placebo l'efficacité d'un vaccin en vie réelle, si le pathogène ne circule pas (ou peu). Dans ce cas, le nombre des infections dans le groupe placebo sera trop faible pour donner des résultats significatifs. La durée de l'essai pourra alors s'en trouver considérablement allongée. À l'inverse, pendant la pandémie de Covid, le virus circulait tellement, que le temps pour obtenir des résultats d'efficacité significatifs a été très fortement raccourci. Paradoxalement, quelques mois plus tard, d'autres producteurs de vaccins Covid se sont heurtés à des difficultés de recrutement pour la mise en place de leurs études. La population dite « naïve » – celle n'ayant jamais rencontré le virus et n'étant pas déjà vaccinée –, qui constitue le groupe placebo, s'était raréfiée.

Le développement rapide des vaccins Covid : un exploit qui s'explique

Plusieurs facteurs expliquent le développement aussi rapide des vaccins contre le Covid : ils sont d'ordre

administratif, technologique, scientifique ou encore méthodologique.

D'abord, le virus était connu des chercheurs depuis le début du siècle. Les progrès de la biologie moléculaire ont permis de disposer très rapidement, dès janvier 2020, des séquences génétiques du virus. La technologie de l'ARN messager faisait elle-même l'objet de recherches depuis des décennies.

Ensuite, des collaborations sans précédent entre les secteurs public et privé ont vu le jour. En France, un fonds d'urgence de 50 millions d'euros a été mis en place dès mars 2020 pour soutenir de nombreuses initiatives. L'Union européenne a financé également plusieurs vagues de projets de recherche. Et, dans le cadre de l'opération Warp Speed menée aux États-Unis, l'équivalent du NHS britannique a débloqué plusieurs milliards de dollars pour accélérer le développement et la production de vaccins Covid. Les investissements en termes de capacités de production ont été initiés très tôt dans le *process* de développement, de telle sorte que, dès l'autorisation de mise sur le marché, les campagnes de vaccination ont pu débuter. Une telle anticipation de la production avant même de disposer des résultats cliniques était un engagement financier risqué en cas d'arrêt du vaccin, mais cela a permis de réduire le délai de mise à disposition de ceux autorisés.

Enfin, les autorités sanitaires européennes se sont organisées et ont adapté les procédures d'évaluation afin de pouvoir répondre rapidement à l'avancée des différents dossiers, tout en gardant les mêmes exigences de sécurité. En temps normal, le développement d'un vaccin, de sa découverte jusqu'à sa mise à disposition, peut durer dix ans. Ici, les phases des différents essais cliniques, habituellement espacées et réalisées de manière séquentielle, ont pu être menées rapidement et en parallèle. Les données générées par le laboratoire développant le vaccin ont été évaluées au fur et à mesure, alors qu'en temps normal, elles sont rassemblées dans un dossier qui n'est déposé que lorsqu'il est complet.

Conclusion

Les modalités de développement des vaccins telles que définies aujourd'hui conjointement entre les autorités de régulation et les industriels sont nécessaires pour assurer la sécurité et l'efficacité des vaccins et rassurer la population, dans toute sa diversité.

Pour autant, la crise sanitaire l'a montré, des aménagements sont possibles : simplifier et accélérer les procédures administratives ; harmoniser les exigences réglementaires entre les pays, notamment européens ; affecter de nouvelles ressources au sein des agences ; fluidifier l'évaluation du dossier clinique en intégrant les données au fil de l'eau et en facilitant les échanges d'informations⁹...

Toutes ces évolutions ont permis de développer, de produire et de distribuer des vaccins Covid efficaces et

⁸ PRONKET E. S., WEENEN T. C., COMMANDEUR H. *et al.* (2013), "Risk in vaccine research and development quantified", *PLOS ONE*.

⁹ ifpma.org, complex journey, 2019.

sûrs en un temps record. Plus en amont, la recherche fondamentale doit pouvoir s'appuyer sur le développement de partenariats public-privé et sur la création de *bioclusters* pour regrouper et fédérer les ressources et les énergies autour d'un même objectif. Enfin, un engagement fort des autorités, notamment européennes, s'impose, pour apporter aux industriels les garanties nécessaires avant toute prise de décision importante à leur niveau, notamment dans le cas d'investissements lourds et potentiellement à risque, comme la création de nouvelles unités de production ou la modification des chaînes de production existantes, pour un vaccin qui n'est pas encore autorisé.

Avec le développement des vaccins, des antibiotiques et des antiviraux, et plus globalement les progrès de

la science, on a pu croire que l'homme en avait fini avec la plupart des grands fléaux infectieux. C'était sans compter sur l'apparition dans les années 1960 d'un environnement épidémiologique globalisé. Issus des contacts entre la faune sauvage et nos animaux domestiques, de la déforestation comme du changement climatique, et alors que la biodiversité connaît partout un déclin massif, de nouveaux virus transmissibles à l'homme apparaissent ou réapparaissent régulièrement. La course au vaccin est donc loin d'être finie ; elle ne fait même que commencer...

Pandémie de Covid-19 : contribution de la métrologie à l'évaluation de l'efficacité de filtration des masques de protection

Par François GAIE-LEVREL, Alexandre BESCOND,
Axel FOUQUEAU, Tatiana MACÉ
et Sophie VASLIN-REIMANN

Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE), Paris

En 2020, la communauté scientifique et l'Organisation mondiale de la santé confirmaient le risque de transmission aérienne du coronavirus Sars-CoV-2. En raison de la pénurie mondiale de masques, plusieurs pays ont introduit de nouveaux types de protection. Dans ce contexte, la Commission européenne a identifié le besoin urgent d'harmoniser les exigences en la matière, notamment en termes de performances de filtration et de confort associées au port du masque. Un guide de l'Afnor et un guide européen CEN ont alors été élaborés ; et, en lien avec les demandes des pouvoirs publics français formulées pendant le premier confinement, en 2020, le LNE a été mobilisé afin de répondre à la question centrale de l'efficacité des masques de protection apportant en la matière toute son expertise en métrologie des aérosols. Pour ce faire, une plateforme expérimentale a été développée en un temps record pour évaluer l'efficacité de filtration de différents types de masques de protection. Ce nouveau moyen d'essai permet, depuis le début de la crise, d'accompagner les pouvoirs publics, les industriels et les importateurs dans la qualification des masques FFP2, chirurgicaux, barrières et grand public. Dans cet article, nous présentons le banc expérimental développé par le LNE pour réaliser les mesures d'efficacité de filtration des masques barrières et grand public, ainsi que les comparaisons inter-laboratoires organisées dans ce cadre. En termes de perspectives, des axes d'amélioration du contexte normatif associé à chaque type de masques sont également présentés.

Introduction

La science des aérosols a permis de développer les connaissances associées au comportement, à la métrologie et à l'impact sanitaire des particules en suspension dans l'air. Le terme « aérosol » désigne la suspension de ces particules dans un gaz (notamment l'air), dont la taille peut aller de quelques nanomètres à 100 micromètres (μm). Depuis le premier confinement associé à la crise sanitaire due à la Covid-19, les aérosols sont devenus omniprésents, aussi bien dans les médias que dans nos vies, à travers notamment l'impact sanitaire des particules dites ultra-fines (ou PUF), en lien avec le contexte de dégradation de la qualité de l'air sous l'effet de la pollution atmosphérique. Cette omniprésence des aérosols a également été ressentie avec le port obligatoire des masques de protection.

En 2020, la communauté scientifique et l'Organisation mondiale de la santé confirmaient le risque de transmission aérienne du coronavirus Sars-CoV-2 (OMS, 2020). Le Haut Conseil de la santé publique a rédigé un rapport associé à une analyse de la littérature scientifique afin d'étudier les modalités des émissions de particules associées à la parole, à la toux et aux éternuements et les effets du port du masque au regard de ces émissions (HCSP, 2020). Les travaux de Galton *et al.* (2011) ont montré que les particules générées lors des activités respiratoires sont caractérisées par des tailles allant de 10 nm à 500 μm . Cette gamme de taille varie fortement en fonction des individus (Lee *et al.*, 2019), mais également en fonction des conditions environnementales (Xie *et al.*, 2007 ; Ji *et al.*, 2018). En lien avec l'hétérogénéité des distributions granulométriques des particules émises par un individu, il a été supposé que le diamètre de ces particules est

principalement inférieur à 5 µm (Asadi *et al.*, 2019 ; Johnson *et al.*, 2011 ; Morawska *et al.*, 2009 ; Papineni et Rosenthal, 1997). Plus récemment, Van Doremalen *et al.* (2020) ont observé que le coronavirus Sars-CoV-2 restait viable et infectieux en phase aérosol pendant au moins 3 heures. En considérant la taille des virus de type corona, tels que le Sars-CoV-2, à savoir une taille comprise entre 60 et 140 nm (Kim *et al.*, 2020 ; Matsuyama *et al.*, 2020 ; Park *et al.*, 2020 ; Ren *et al.*, 2020), la transmission du virus par voie aérosol pourrait être une hypothèse plausible (Asadi *et al.*, 2020). Ce débat a eu lieu dès les toutes premières semaines de la pandémie. Un nombre limité d'études ont été réalisées dans des conditions réalistes, mais elles ont fourni des conclusions contradictoires (Faridi *et al.*, 2020 ; Liu *et al.*, 2020 ; Santarpia *et al.*, 2020). Cela a mis en évidence la nécessité de disposer de masques faciaux bien caractérisés afin de limiter la propagation de la pandémie (Liang *et al.*, 2020).

En raison de la pénurie mondiale de masques, plusieurs pays ont introduit de nouveaux types de masques dits « barrières » et « grand public » (CoFC, pour Community Face Covering) (Konda *et al.*, 2020 ; Pei *et al.*, 2020 ; Zhao *et al.*, 2020 ; Clapp *et al.*, 2020). En outre, une stratégie de traitement et de réutilisation des masques chirurgicaux a été étudiée (Charvet *et al.*, 2022 ; ANSM, 2020b). Dans ce contexte, la Commission européenne a identifié le besoin urgent d'harmoniser les exigences pour les CoFC, notamment en termes de performances de filtration et de confort associées au port du masque. L'idée principale était de permettre aux industriels, mais aussi au grand public de fabriquer et de distribuer de tels dispositifs répondant à une caractérisation spécifique, notamment en termes d'efficacité de filtration et de perméabilité à l'air. En lien avec le guide de l'Afnor (Afnor, 2020), le Comité européen de normalisation (CEN) a, à son tour, élaboré un guide de fabrication et un protocole d'essai harmonisé en accord avec des laboratoires publics et privés impliqués dans de tels essais (CEN, 2020, annexe D). Le cahier des charges a été déterminé afin de permettre à des acteurs généralement non spécialistes des processus de filtration de concevoir et de produire des masques. Une spécification technique est par ailleurs en cours de construction avec l'objectif de faire évoluer ce document pour en faire une future norme européenne. Notons que des tutoriels « Do-It-Yourself » (DIY) ont également été largement diffusés sur les réseaux sociaux pendant toute l'année 2020 portant sur la réalisation de masques à partir de matériaux tissés, non tissés ou d'un mélange des deux, mais sans aucune considération pour leurs performances réelles en termes de filtration.

Ainsi, en lien avec les demandes des pouvoirs publics formulées pendant le premier confinement de 2020 et jusqu'à aujourd'hui, le LNE a été mobilisé afin de répondre à la question centrale des performances des masques FFPx, chirurgicaux, barrières et grand public, en s'appuyant sur son expertise en métrologie des aérosols. Pour ce faire, une plateforme de moyens d'essais a été développée pour tester différentes performances (filtration, respirabilité, mécanique). Cette plateforme est notamment constituée de bancs dédiés à l'évalua-

tion de l'efficacité de filtration des masques de protection. Tout en étant associé à des projets de recherche, ce nouveau moyen d'essai permet depuis le début de la crise sanitaire d'accompagner les pouvoirs publics, les industriels et les importateurs dans la qualification des masques FFP2, chirurgicaux, barrières et grand public. Par ailleurs, le LNE a également développé la certification « Masques de protection » pour apporter des garanties au regard de leurs performances.

Après cette brève description des différents types de masques en lien avec le contexte normatif, nous allons présenter plus spécifiquement le banc expérimental développé par le LNE pour réaliser les mesures de l'efficacité de filtration des CoFC (masques barrières et grand public), ainsi que les différentes comparaisons inter-laboratoires organisées dans ce cadre. Des axes d'amélioration des documents normatifs sont également proposés en termes de perspectives.

Contexte associé à la mesure de l'efficacité de filtration des masques

La mesure de l'efficacité de filtration

Concernant les performances des masques, l'efficacité de filtration est déterminée en réalisant des mesures portant sur les concentrations particulières en nombre de l'aérosol généré en amont et en aval du média filtrant constituant le masque. L'efficacité de filtration est alors calculée de la façon suivante :

$$E(\%) = \frac{C_{\text{amont}} - C_{\text{aval}}}{C_{\text{amont}}} \times 100$$

où, C_{amont} et C_{aval} correspondent aux concentrations particulières en nombre mesurées respectivement en amont et en aval du masque.

Il est important de préciser ici la notion de vitesse de filtration (en cm/s) associée à ces mesures d'efficacité, qui se définit comme le débit d'aérosol (en L/min) à travers une surface effective de filtration (en cm²). Le choix de cette vitesse de filtration est primordial ; il doit absolument être précisé étant donné son impact sur les efficacités de filtration, pouvant ainsi conduire à une sur ou à une sous-estimation de ces mesures. En effet, une augmentation de cette vitesse induit une augmentation de l'efficacité de filtration des particules microniques, mais une diminution de l'efficacité de filtration des particules submicroniques et nanométriques.

Les différents types de masques

Le Tableau 1 de la page suivante présente les différents types de masques et le contexte normatif associé. Dans les paragraphes suivants, nous nous intéresserons plus spécifiquement à chacun d'eux.

Les masques FFPx

Les masques de types FFPx sont des équipements de protection individuelle qui doivent répondre aux exigences du règlement (UE) 2016/425 du 9 mars 2016 et à celles associées aux normes EN 149:2001+A1:2009 et EN 13274-7:2019 ou aux normes étrangères recon-

	Masques FFP2	Masques à usage médical (chirurgicaux)	CoFC : masques barrières et grand public
Illustration			
Contexte normatif	<p>Europe : EN 149:2001+A1:2009 et EN 13274-7:2019</p> <p>Chine : GB 2626-2006, GB 2626-2019/KP95 et KN95, GB/T 32610-2016/classe A</p> <p>États-Unis : NIOSH 42 CFR 84/KN95, P95 et R95</p> <p>Australie et Nouvelle-Zélande : AS/NZS 1716:2012/P2</p> <p>Corée : KMOEL-2017-64/1e classe</p> <p>Japon : JMHLW-Notification 214, 2018/DS2 et DL2</p> <p>Brésil : ABNT/NBR13698:2011/PFF2</p> <p>Mexique : NOM-116-2009/KN95, P95 et R95</p>	<p>Europe : EN 14683 :2019 (types I, II et IIR)</p> <p>États-Unis : ASTM F2100-19 (Level 1, 2, 3)</p> <p>Chine : YY 0969-2013, YY 0469-2011 (type I)</p>	<p>France : SPEC Afnor S76-001</p> <p>Europe : CWA 17553:2020 en lien avec EN 13274-7, EN 14683, EN ISO 16890-2 et EN ISO 21083-1</p> <p>CEN/TS 17553 en cours d'élaboration</p> <p>États-Unis : F2299/F2299M-03</p> <p>Italie : UNI PdR 90.1 2020, UNI PdR 90.2 2020</p>

Tableau 1 : Les différents types de masques et le contexte normatif associé.

nues comme équivalentes (voir le Tableau 1 ci-dessus). Ces dispositifs sont conçus pour assurer une étanchéité suffisante par rapport à l'atmosphère ambiante au niveau du visage du porteur. Ce type de masques protège ainsi le porteur contre l'inhalation de particules en suspension dans l'air susceptibles de contenir des agents infectieux. Notons que le port de ce type de masques est assez contraignant en termes d'inconfort thermique et de résistance respiratoire.

Il faut alors considérer plusieurs types de masques FFPx avec des valeurs de x égales à 1, 2 ou 3 et correspondant à des efficacités de filtration minimales de 80, 94 et 99 % respectivement pour les diamètres médians des aérosols d'essais. Ces masques sont réservés en priorité aux professionnels de santé. En accord avec les normes EN 149:2001+A1:2009 et EN 13274-7:2019, les mesures de l'efficacité de filtration sont réalisées en générant des aérosols de NaCl et d'huile de paraffine ayant une granulométrie spécifique (pour le NaCl, le diamètre médian de la distribution granulométrique est compris entre 0,06 et 0,10 μm , avec une concentration massique comprise entre 4 et 12 mg/m^3 ; pour l'huile de paraffine, le diamètre médian de la distribution granulométrique est compris entre 0,29 et 0,45 μm , avec une concentration massique comprise entre 15 et 25 mg/m^3). La détermination expérimentale de l'efficacité de filtration doit être réalisée pour un débit d'air de 95 L/min passant à travers le masque, et ce grâce à des

mesures de concentration massique obtenues par photométrie de flamme pour l'aérosol de NaCl et avec un compteur optique reposant sur la diffusion de la lumière pour l'aérosol d'huile de paraffine.

Les masques à usage médical (masques chirurgicaux)

Les masques chirurgicaux sont des dispositifs médicaux qui doivent répondre aux exigences de la directive 3/42/CEE du 14 juin 1993 et à celles associées à la norme européenne EN 14683:2019 ou aux normes étrangères reconnues comme équivalentes (voir le Tableau 1 ci-dessus). Ce type de masques réduit la contamination de l'environnement extérieur et des autres personnes en limitant la projection de gouttelettes émises par le porteur du masque. Ces dispositifs ne sont donc pas conçus pour protéger de l'inhalation de particules en suspension dans l'air.

Ces masques sont classés en deux types (I et II) correspondant à l'efficacité de filtration bactérienne (EFB) en intégrant également une subdivision supplémentaire pour le type II avec l'utilisation de la lettre « R » (IIR), pour les classer en fonction de leur résistance aux projections. En accord avec la norme EN 14683:2019, les mesures d'EFB sont réalisées grâce à l'utilisation d'un impacteur en cascade couplé à la génération d'un aérosol biologique de *Staphylococcus aureus* présentant une taille moyenne de $3,0 \pm 0,3 \mu\text{m}$, avec un

débit de 28,3 L/min et portant sur une surface d'essai supérieure à 49 cm². Ainsi, ces masques doivent être conformes à des valeurs minimales d'EFB, à savoir des valeurs supérieures ou égales à 95 % pour le type I et à 98 % pour les types II et IIR. Notons que les masques de type I sont dédiés aux patients et autres personnes non professionnelles de santé afin de réduire le risque de propagation des infections, en particulier dans un contexte d'épidémie ou de pandémie. Contrairement aux masques de type II, ils ne sont pas destinés aux professionnels de santé, notamment ceux intervenant au sein des blocs opératoires.

Les masques barrières

En lien avec le contexte sanitaire lié à la Covid-19, les pouvoirs publics ont créé un cadre favorisant la conception et la réalisation de masques dédiés à des usages non sanitaires. Le document Afnor SPEC (Afnor, 2020) indique les éléments essentiels encadrant leur fabrication et leur utilisation. Le dispositif « Masques barrières », qui complète les gestes barrières et les règles de distanciation physique, est destiné au public pour réaliser une activité quotidienne ou professionnelle. Il ne s'adresse pas aux patients contaminés, ni au personnel de santé. Ce dispositif n'est donc ni un dispositif médical ni un équipement de protection individuelle. Par rapport au guide Afnor SPEC disponible en France (2020), le Comité européen de normalisation (CEN) a élaboré à son niveau un guide de fabrication de ces masques et un protocole d'essai harmonisé en lien avec des laboratoires publics et privés, pour mener les essais de caractérisation (CEN CWA 17553, 2020, annexe D). En ce qui concerne les mesures de l'efficacité de filtration, différents types d'aérosols peuvent être impliqués, tels que le NaCl, le Talc, la poudre Holi (farine de maïs), la Dolomite ou le PolyStyrène Latex. Le diamètre particulaire considéré pour réaliser ces mesures est fixé à $3,0 \pm 0,5 \mu\text{m}$ avec une vitesse de filtration de $6 \pm 1 \text{ cm/s}$ déterminée en lien avec le débit d'air associé à la respiration humaine et à la surface de filtration effective. Dans ces conditions, et pour obtenir la validation des performances de ces masques, l'efficacité de filtration doit atteindre une valeur minimale de 70 ou 90 %, déterminant le classement de ces masques en deux catégories. Il est important de mentionner qu'un projet de spécification technique est en cours d'élaboration au niveau européen (CEN) avec l'objectif de faire évoluer ce document pour en faire une future norme.

Les masques « grand public »

Les masques « grand public » sont principalement utilisés par des individus dans le cadre de leurs activités professionnelles, mais aussi par la population en général. Ce type de masques a été proposé dans le cadre de la lutte contre l'épidémie. Ces dispositifs doivent répondre aux spécifications techniques définies à l'annexe I de la note interministérielle mise à jour le 28 janvier 2021. En lien avec les avis de l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé du 24 mars 2020 (révisé le 29 janvier 2021) (ANSM, 2020a) et du 25 mars 2020 (révisé le 2 novembre 2020) (ANSM, 2020b) précisant le protocole de traitement permettant une réutilisation des masques considérés et l'avis du

Haut Conseil de la santé publique du 18 janvier 2021 (HCSP, 2021), une catégorie 1 pour ces masques a été définie comme ayant une efficacité de filtration supérieure à 90 % pour un diamètre des particules de 3 μm . Cette catégorie est exclusivement réservée à des usages non sanitaires visant à prévenir les projections de gouttelettes émises par le porteur du masque. Ce dispositif représente une mesure complémentaire à l'application des mesures de distanciation physique et des gestes barrières. Il s'agit de masques textiles, qui sont la plupart du temps lavables et réutilisables. Les mesures d'efficacité de filtration doivent être réalisées en accord avec le protocole d'essai décrit dans le document DGA du 3 avril 2020 (DGA, 2020) ou un protocole équivalent. Elles concernent des particules dont la taille est de 3 μm . L'usage des masques de catégorie 2 (efficacité de filtration supérieure à 70 %), tel que défini par la note d'information du 29 mars 2020, n'est plus recommandé en application du décret n°2021-76 du 27 janvier 2021, lequel s'appuie sur l'avis du Haut Conseil de la santé publique (HCSP, 2021) en date du 18 janvier 2021. Cette catégorie de masques n'a plus été considérée à partir du 28 janvier 2021 comme un dispositif de protection efficace pour faire face à l'épidémie liée à la Covid-19 dans le cadre de l'état d'urgence sanitaire.

Banc expérimental de mesure de l'efficacité de filtration des masques barrières et grand public mis en place au LNE

Description

Dans le contexte précité, plusieurs bancs d'évaluation de l'efficacité de filtration des masques ont été conçus au LNE, dont un banc expérimental associé aux masques barrières et aux masques grand public conformément au guide Afnor SPEC (Afnor, 2020) (voir la Figure 1 ci-après).

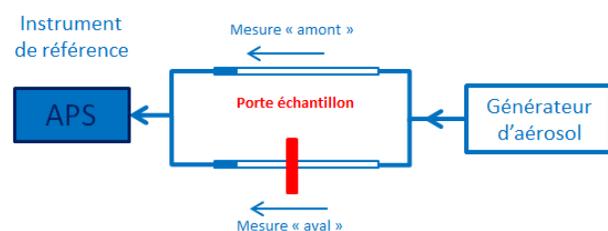


Figure 1 : Banc expérimental du LNE dédié aux mesures de l'efficacité de filtration des masques barrières et des masques grand public.

Ce banc d'essai se compose d'un porte-échantillon pour masques barrières, grand public ou chirurgicaux. Il est couplé à un système de génération en phase aérosol et à une instrumentation de référence permettant la mesure des distributions granulométriques en nombre des particules en amont et en aval de chaque matériau composant le masque en vue de déterminer

respectivement les concentrations en nombre pour un diamètre aérodynamique de $3,0 \pm 0,5 \mu\text{m}$.

Concernant l'aérosol d'essai, un aérosol de latex de polystyrène (PSL) de $3,0 \pm 0,5 \mu\text{m}$ est généré grâce à un nébuliseur AGK2000 (commercialisé par la société PALAS). Afin de limiter la contribution particulaire associée à la nébulisation de l'eau MilliQ, un système de chauffage fixé à la sortie du nébuliseur est couplé à un système de séchage par diffusion contenant du silica gel. Le masque à tester est introduit dans un porte-échantillon, également appelé porte-filtre. Ce dernier présente un diamètre de 47 mm avec une surface de filtration effective de $10,7 \text{ cm}^2$. Entre le générateur d'aérosol et le porte-échantillon, un système de découplage de tuyaux en silicone conducteur permet de réaliser les mesures « amont/aval » grâce à un unique analyseur.

Ces mesures ont été effectuées grâce à un spectromètre aérodynamique (APS, commercialisé par la société TSI). L'APS est un instrument optique permettant de caractériser la granulométrie en nombre de particules en phase aérosol dans une gamme de mesures allant de $0,5$ à $20 \mu\text{m}$. Cet instrument repose sur une technique de mesure du temps de vol des particules entre deux faisceaux lasers, ce qui permet d'obtenir en temps réel le diamètre aérodynamique associé à une concentration en nombre. Le débit d'aérosol pour ces mesures amont/aval a été fixé à $3,85 \text{ L/min}$, ce qui correspond à une vitesse de filtration de 6 cm/s pour une surface de filtration effective, comme précisé précédemment, de $10,7 \text{ cm}^2$.

Comparaisons interlaboratoires (CIL)

CIL associée aux masques barrières et aux masques grand public

En lien avec les bancs expérimentaux développés au LNE pour caractériser les performances des masques barrières et des masques grand public en termes d'efficacité de filtration, une comparaison interlaboratoire (CIL) a été organisée par l'IRSN, en y associant le LRGP (à Nancy) et le LNE (à Paris) (Bourrous *et al.*, 2021). L'influence potentielle du type d'aérosol (selon sa nature, sa composition), ainsi que celles de la conception des bancs d'essai et des protocoles de mesure ont été étudiées afin de quantifier les écarts entre les résultats obtenus par ces laboratoires. Pour l'ensemble des bancs d'essai, l'étude était basée sur la dispersion pneumatique de solutions aqueuses par nébulisation. En ce qui concerne le type d'aérosol, des particules liquides de diethyl sebacate (DEHS) et solides de NaCl et PSL ont été impliquées.

Deux stratégies de mesure ont été retenues, à savoir : une première basée sur une conduite principale avec des prélèvements d'aérosols en amont et en aval d'un porte-filtre contenant l'échantillon à tester ; et une seconde basée sur deux conduites montées en parallèle et deux porte-filtres identiques, dont un contenant l'échantillon à tester tandis que le second était vide. Des cycles de mesure significativement différents ont été pris en compte pour couvrir une large gamme de conditions d'essais. Pour chaque banc, les vitesses de filtration ont été considérées par chaque laboratoire

en accord avec le document CEN CWA (CEN, 2020, annexe D), soit des vitesses de $6 \pm 1 \text{ cm/s}$. Dix médias filtrants tissés recouvrant une large gamme d'efficacités de filtration (allant de 20 à 97 %) ont été utilisés pour cette comparaison interlaboratoire. Le Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE) a été désigné comme laboratoire de référence pour cette étude en lien avec la génération d'aérosol de PSL monodispersée présentant une taille certifiée à $3 \mu\text{m}$, et l'évaluation des incertitudes de mesure réalisée selon la loi de propagation décrite au sein du guide *ad hoc* (GUM, 2020).

Cette CIL a permis d'obtenir une comparabilité des résultats d'efficacité de filtration des aérosols de taille de $3 \mu\text{m}$, avec un écart inférieur à 27 %. Cela a été obtenu pour les trois bancs expérimentaux des laboratoires participants et impliquant les trois types d'aérosols précités. La stabilité de la concentration en nombre, les dispositifs de prélèvement et les efficacités de comptage des spectromètres impliqués (Armendariz et Leith, 2002 ; Volckens et Peters, 2005) sont identifiés comme des sources majoritaires de dispersion expérimentale. Cette CIL (Bourrous *et al.*, 2021) a ainsi mis en évidence la pertinence des bancs d'essai et des protocoles de mesure utilisés par chaque participant.

CIL associée aux masques chirurgicaux

Toujours en lien avec le banc expérimental développé au LNE pour caractériser les performances des masques barrières et grand public en termes d'efficacité de filtration, une CIL a été menée pour les masques chirurgicaux. Cette CIL organisée par le LNE Paris a associé le LRGP de Nancy, l'École des Mines de Saint-Étienne et le laboratoire belge HEX. L'objectif de cette étude était, pour un média donné, de comparer entre eux les résultats obtenus en termes d'efficacité de filtration particulaire (PFE) et d'EFB (voir le paragraphe précédent consacré aux masques à usage médical). Pour ce faire, une vitesse de filtration homogène de $10,1 \text{ cm/s}$ a été retenue par l'ensemble des participants en accord avec le contexte normatif (EN 14683:2019, débit de $28,3 \text{ L/min}$ et surface effective de filtration de $46,5 \text{ cm}^2$). Il ressort de cette étude une bonne homogénéité des mesures de PFE, mais des écarts importants pour les mesures d'EFB. Une plus grande dispersion des résultats de l'efficacité de filtration a également été observée pour des médias ayant des EFB non conformes. Une publication est en cours de préparation concernant les résultats de cette CIL (Fouqueau *et al.*, 2022).

Conclusion et perspectives

Le développement de l'activité associée aux mesures de l'efficacité de filtration des masques de protection a permis au LNE de tester plusieurs centaines de références pendant les premières semaines de la crise sanitaire liée à la Covid-19.

Une nouvelle CIL a été initiée par le LNE en 2021 se basant sur les différentes méthodes appliquées par les différents laboratoires d'essais participants pour caractériser les efficacités de filtration des masques barrières et grand public. En s'appuyant sur les référentiels des comparaisons interlaboratoires NF ISO 5725, NF ISO

17043 et NF ISO 13528, le LNE proposera ultérieurement différentes exploitations graphiques de cette CIL, ainsi que des indicateurs statistiques de performance. Cette CIL se déroule en deux étapes : tout d'abord, a été conduite en 2021 une première série d'essais pour laquelle les participants ont été invités à réaliser leurs mesures en appliquant leur propre méthode sans modification des paramètres fixés en routine ; puis une deuxième série d'essais sera réalisée en 2022 sur la base d'un protocole en cours d'élaboration, lequel imposera notamment une vitesse de filtration égale à 6 ± 1 cm/s. Les échantillons à tester sont fournis par le LNE à des dimensions conformes à celles exigées par les bancs de test de chaque partenaire, cela afin de s'affranchir de l'effet de la préparation de ces échantillons sur les mesures. Chaque participant recevra alors huit références se composant chacune de cinq échantillons à tester dans des conditions de répétabilité (même méthode, même opérateur, même environnement et dans un court laps de temps).

En termes de perspectives, notamment sur le plan du contexte normatif, des axes d'amélioration pourraient être proposés afin de réviser les normes européennes associées aux masques FFPx et chirurgicaux. En effet, pour les masques FFPx, la norme EN149:2001 impose un débit de 95 L/min, mais sans jamais y associer une vitesse de filtration, ni même préciser la surface de filtration à retenir. Par ailleurs, si des mesures de concentrations massiques à réaliser notamment en recourant à un photomètre de flamme sont exigées dans le cadre des normes EN 149:2001 et EN 13274-7:2019, il apparaît cependant plus pertinent de caractériser les pénétrations/efficacités de filtration en termes de concentrations en nombre, plutôt qu'en termes de masse. Un compteur à noyaux de condensation (CNC), qui permet de telles mesures, serait ainsi plus pertinent en termes de moyen instrumental pour ces documents normatifs. De plus, il serait nécessaire de considérer l'état de charge des aérosols impliqués dans ces essais lequel est susceptible d'impliquer des écarts dans la mesure de l'efficacité de filtration.

Concernant le contexte normatif associé aux masques chirurgicaux (EN 14683:2019), il faut préciser que l'utilisation d'un bio-aérosol peut susciter de nombreuses interrogations, notamment en ce qui concerne les risques de perte de bactéries. En d'autres termes, comment vérifier que les bactéries non détectées en aval du média filtrant seraient quand même passées à travers ce filtre, mais en ayant subi une dégradation qui rendrait impossible leur détection ? Par ailleurs, la norme EN 14683 préconise l'utilisation d'un nébuliseur pouvant diffuser des particules d'une taille moyenne de $3,0 \pm 0,3$ μm . Cependant, un tel processus de nébulisation est caractérisé par la génération d'un aérosol polydispersé présentant une large distribution granulométrique en nombre et ne correspondant pas à la taille moyenne précitée. De plus, il faut noter que l'EFB est calculée globalement à partir d'un comptage d'unités formant colonies (UFC), lesquelles sont obtenues sur l'ensemble des étages d'un impacteur en cascade et correspondant à une large gamme de diamètres de coupure particulières, sans être spécifiques à l'étage

correspondant à la « taille moyenne de 3 μm ». De même, aucune vitesse de filtration n'est précisée dans cette norme, pas plus que le volume d'échantillons à générer et le temps de génération. En revanche, ce même document précise un conditionnement, en amont des essais, des médias à tester en termes de température et d'humidité relative. Mais, compte tenu de la saturation en eau très rapide observée dès la première minute des essais portant sur le média conditionné, cette étape de conditionnement n'apparaît pas vraiment nécessaire. Globalement, il est légitime de se poser la question d'opérer une caractérisation de ces dispositifs médicaux plutôt en termes de PFE qu'en termes d'EFB (Whyte *et al.*, 2022).

Pour finir, nous précisons que le contexte normatif s'appliquant à l'évaluation des masques barrières et des masques grand public est lacunaire. En effet, aucune norme n'est à ce jour publiée, seuls des guides l'ont été. De plus, l'implication forte de la communauté scientifique en métrologie des aérosols dans l'élaboration des documents Afnor SPEC (Afnor, 2020) et CEN (2020) explique pourquoi un grand nombre de précisions techniques y soient spécifiées, notamment en ce qui concerne la vitesse de filtration, mais sans toutefois aller jusqu'à imposer des contraintes au regard des moyens d'essai nécessaires au montage des bancs expérimentaux au sein des laboratoires et instituts. Une spécification technique actuellement en cours d'élaboration au niveau du CEN permettra ainsi de proposer un protocole harmonisé pour tester ces deux types de masques à l'échelle européenne.

Références bibliographiques

- AFNOR (2020), « Afnor Spec S76-001 – Masques barrières », <https://masques-barrieres.afnor.org/>
- ANSM (2020a), avis du 24 mars 2020 portant sur la place de masques alternatifs en tissus dans le contexte de l'épidémie à Covid-19, https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/enjeux/covid-19/avis_anism_du_24_mars_2020_revise_29janvier_2021.pdf
- ANSM (2020b), avis du 25 mars 2020 précisant le protocole de traitement permettant une réutilisation des masques en tissu à usage non sanitaire prévus dans le cadre de l'épidémie Covid, https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/enjeux/covid-19/20201127_avis_anism_protocole_nettoyage_masquesv4-1.pdf
- ARMENDARIZ A. J. & LEITH D. (2002), "Concentration measurement and counting efficiency for the aerodynamic particle sizer 3320", *J. Aerosol Sci.* 33, pp. 133-148, [https://doi.org/10.1016/S0021-8502\(01\)00152-5](https://doi.org/10.1016/S0021-8502(01)00152-5)
- ASADI S., WEXLER A. S., CAPP A. C. D., BARREDA S., BOUVIER N. M. & RISTENPART W. D. (2019), "Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness", *Sci. Rep.* 9, 2348, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38808-z>
- ASADI S., BOUVIER N., WEXLER A. S. & RISTENPART W. D. (2020), "The coronavirus pandemic and aerosols: Does COVID-19 transmit via expiratory particles?", *Aerosol Sci. Technol.* 54, pp. 635-638, <https://doi.org/10.1080/02786826.2020.1749229>
- BOURROUS S., BARRAULT M., MOCHO V., POIRIER S., BARDIN-MONNIER N., CHARVET A., THOMAS D., BESCOND A., FOUQUEAU A., MACÉ T., GAIE-LEVREL F.

- & OUF F.-X. (2021), "A performance evaluation and inter-laboratory comparison of community face coverings in the context of COVID-19 pandemic", *Aerosol and Air Quality Research*, <https://doi.org/10.4209/aaqr.200615>
- CEN CWA 17553 (2020), CEN workshop agreement: Community face coverings – Guide to minimum requirements, methods of testing and use, ftp://ftp.cencenelec.eu/EN/ResearchInnovation/CWA/CWA17553_2020.pdf
- CHARVET A., BARDIN-MONNIER N., THOMAS D., DUFAUD O., PFRIMMER M., BARRAULT M., BOURROUS S., MOCHO V., OUF F.-X., POIRIER S., JEANMICHEL L., SEGOVIA C., FERRY D. & GRAUBY O. (2022), "Impact of washing cycles on the performances of face masks", *Journal of Aerosol Science* 160, Elsevier, pp. 105-914, <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2021.105914>
- CLAPP P. W., SICKBERT-BENNETT E. E., SAMET J. M., BERNTSEN J., ZEMAN K. L., ANDERSON D. J., WEBER D. J. & BENNETT W. D. (2020), "Evaluation of Cloth masks and modified procedure masks as personal protective equipment for the public during the COVID-19 pandemic", *JAMA Intern. Med.* 181, pp. 463-469, <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.8168>
- DGA (2020), Lettre n°4 à l'attention des industriels sollicitant DGA Maîtrise NRBC pour les masques, <https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/enjeux/covid-19/protocoledga.pdf>
- FARIDI S., NIAZI S., SADEGHI K., NADDAFI K., YAVARIAN J., SHAMSIPOUR M., JANDAGHI N. Z. S., SADEGHNIAT K., NABIZADEH R., YUNESIAN M., MOMENIHA F., MOKAMEL A., HASSANVAND M. S. & MOKHTARIAZAD T. (2020), "A field indoor air measurement of SARS-CoV-2 in the patient rooms of the largest hospital in Iran", *Sci. Total Environ.* 725, 138401, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138401>
- FOUQUEAU A., POURCHEZ J., LECLERC L., PEYRON A., MONTIGAUD Y., VERHOEVEN P., BESCOND A., MACÉ T., THOMAS D., CHARVET A., BOURROUS S., GHIJSELINGS M., HARS P., POLYN F. & GAIE-LEVREL F. (2022), *An inter-laboratory comparison between particle and bacterial filtration efficiencies of surgical masks in the COVID-19 pandemic context*, à soumettre à *Aerosol and Air Quality Research*.
- GUM (2020), JCGM GUM-6 (2020), « Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure – Partie 6 : élaboration et utilisation des modèles de mesure », https://www.bipm.org/documents/20126/50065290/JCGM_GUM_6_2020.pdf/d4e77d99-3870-0908-ff37-c1b6a230a337
- GRALTON J., TOVEY E., MCLAWS M. L. & RAWLINSON W. D. (2011), "The role of particle size in aerosolised pathogen transmission", *A review. J. Infect.* 62, pp. 1-13, <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2010.11.010>
- HCSP (2021), Avis relatif aux mesures de contrôle et de prévention de la diffusion des nouveaux variants du Sars-CoV-2, https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/enjeux/covid-19/avis_hcsp-nouveaux_variants-covid-19_du_18_janvier_2021.pdf
- HCSP (2020), Avis relatif au Coronavirus Sars-CoV-2 : risque de transmission du virus sous la forme d'aérosols en milieu intérieur et extérieur, <https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/AvisRapportsDomaine?clefr=808>
- JI Y., QIAN H., YE J. & ZHENG X. (2018), "The impact of ambient humidity on the evaporation and dispersion of exhaled breathing droplets: A numerical investigation", *Journal of Aerosol Science* 115, <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2017.10.009>
- JOHNSON G. R., MORAWSKA L., RISTOVSKI Z. D., HARGREAVES M., MENGERSEN K., CHAO C. Y. H., WAN M. P., LI Y., XIE X., KATOSHEVSKI D. & CORBETT S. (2011), "Modality of human expired aerosol size distributions", *J. Aerosol Sci.* 42, pp. 839-851, <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2011.07.009>
- KIM J. M., CHUNG Y. S., JO H. J., LEE N. J., KIM M. S., WOO S. H., PARK S., KIM J. W., KIM H. M. & HAN M. G. (2020), "Identification of Coronavirus Isolated from a Patient in Korea with COVID-19", *Osong Public Health Res. Perspect.* 11, pp. 3-7, <https://doi.org/10.24171/j.phrp.2020.11.1.02>
- KONDA A., PRAKASH A., MOSS G. A., SCHMOLDT M., GRANT G. D. & GUHA S. (2020), "Aerosol filtration efficiency of common fabrics used in respiratory cloth masks", *ACS Nano* 14, pp. 6339-6347, <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c03252>
- LEE J., YOO D., RYU S., HAM S., LEE K., YEO M., MIN K. & YOON C. (2019), "Quantity, size distribution, and characteristics of cough-generated aerosol produced by patients with an upper respiratory tract infection", *Aerosol and Air Quality Research* 19, pp. 840-853, <https://doi.org/10.4209/aaqr.2018.01.0031>
- LIANG M., GAO L., CHENG C., ZHOU Q., UY P. J. & HEINER K. (2020), "Efficacy of face mask in preventing respiratory virus transmission: A systematic review and meta-analysis", *Travel Medicine and Infectious Disease* 36, <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101751>. Article 101751
- LINDSLEY W. G., BLACHERE F. M., THEWLIS R. E., VISHNU A., DAVIS K. A., CAO G., PALMER J. E., CLARK K. E., FISHER M. A., KHAKOO R. & BEEZHOLD D. H. (2010), "Measurements of airborne influenza virus in aerosol particles from human coughs", *PLOS ONE* 5, e15100, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015100>
- LIU Y., NING Z., CHEN Y., GUO M., LIU Y., GALI N. K., SUN L., DUAN Y., CAI J., WESTERDAHL D., ENV D., LIU X., HO K. F., KAN H., FU Q. & LAN K. (2020), "Aerodynamic characteristics and RNA concentration of SARS-CoV-2 aerosol in Wuhan hospitals during Covid-19 outbreak", *bioRxiv* 2020.03.08.982637, <https://doi.org/10.1101/2020.03.08.982637>
- MATSUYAMA S., NAO N., SHIRATO K., KAWASE M., SAITO S., TAKAYAMA I., NAGATA N., SEKIZUKA T., KATOH H., KATO F., SAKATA M., TAHARA M., KUTSUNA S., OHMAGARI N., KURODA M., SUZUKI T., KAGEYAMA T. & TAKEDA M. (2020), "Enhanced isolation of SARS-CoV-2 by TMPRSS2-expressing cells", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 117, pp. 7001-7003, <https://doi.org/10.1073/pnas.2002589117>
- MORAWSKA L., JOHNSON G. R., RISTOVSKI Z. D., HARGREAVES M., MENGERSEN K., CORBETT S., CHAO C. Y. H., LI Y. & KATOSHEVSKI D. (2009), "Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities", *J. Aerosol Sci.* 40, pp. 256-269, <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2008.11.002>
- Note d'information interministérielle du 29 mars 2020 (mise à jour le 28 janvier 2021), https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/enjeux/covid-19/masques_reservees_a_des_usages_non_sanitaires.pdf
- OMS (2020), *Covid-19: l'OMS confirme le risque d'une transmission aérienne du virus*, <https://www.un.org/fr/coronavirus/articles/risk-confirmed-of-aerial-virus-transmission>
- PAPINENI R. S. & ROSENTHAL F. S. (1997), "The size distribution of droplets in the exhaled breath of healthy human subjects", *J. Aerosol Med.* 10, pp. 105-116, <https://doi.org/10.1089/jam.1997.10.105>
- PARK W. B., KWON N. J., CHOI S. J., KANG C. K., CHOE P. G., KIM J. Y., YUN J., LEE G. W., SEONG M. W., KIM N. J., SEO J. S. & OH M. D. (2020), "Virus isolation from the first patient with SARS-CoV-2 in Korea", *J. Korean Med. Sci.* 35, pp. 10-14, <https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e84>
- PEI C., OU Q., KIM S. C., CHEN S. C. & PUI D. Y. H. (2020), "Alternative face masks made of common materials for general public: Fractional filtration efficiency and breathability perspective", *Aerosol Air Qual. Res.* 20, pp. 2581-2591, <https://doi.org/10.4209/aaqr.2020.07.0423>

- REN L. L., WANG Y. M., WU Z. Q., XIANG Z. C., GUO L., XU T., JIANG Y. Z., XIONG Y., LI Y. J., LI X. W., LI H., FAN G. H., GU X. Y., XIAO Y., GAO H., XU J. Y., YANG F., WANG X. M., WU C., CHEN L. *et al.* (2020), "Identification of a novel coronavirus causing severe pneumonia in human: a descriptive study", *Chin. Med. J.* 133, pp. 1015-1024, <https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000000722>
- SANTARPIA J. L., RIVERA D. N., HERRERA V. L., MORWITZER M. J., CREAGER H. M., SANTARPIA G. W., CROWN K. K., BRETT-MAJOR D. M., SCHNAUBELT E. R., BROADHURST M. J., LAWLER J. V., REID S. P. & LOWE J. J. (2020), "Aerosol and surface contamination of SARS-CoV-2 observed in quarantine and isolation care", *Sci. Rep.* 10, 12732, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69286-3>
- VAN DOREMALEN N., BUSHMAKER T., MORRIS D. H., HOLBROOK M. G., GAMBLE A., WILLIAMSON B. N., TAMIN A., HARCOURT J. L., THORNBURG N. J., GERBER S. I., LLOYD-SMITH J. O., DE WIT E. & MUNSTER V. J. (2020), "Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1", *N. Engl. J. Med.* 382, pp. 1564-1567. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973>
- VOLCKENS J. & PETERS T. M. (2005), "Counting and particle transmission efficiency of the aerodynamic particle sizer", *J. Aerosol Sci.* 36, pp. 1400-1408, <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2005.03.009>
- WHYTE H. E., MONTIGAUD Y., AUDOUX E. *et al.* (2022), "Comparison of bacterial filtration efficiency vs. particle filtration efficiency to assess the performance of non-medical face masks", *Sci. Rep.* 12, 1188, <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05245-4>
- XIE X., LI Y., CHWANG A. T. Y., HO P. L. & SETO W. H. (2007), "How far droplets can move in indoor environments – Revisiting the Wells evaporation-falling curve", *Indoor Air* 17, pp. 211-225, <https://doi:10.1111/j.1600-0668.2007.00469.x>
- ZHAO M., LIAO L., XIAO W., YU X., WANG H., WANG Q., LIN Y. L., KILINC-BALCI F. S., PRICE A., CHU L., CHU M. C., CHU S. & CUI Y. (2020), "Household materials selection for homemade cloth face coverings and their filtration efficiency enhancement with triboelectric charging", *Nano Lett.* 20, pp. 5544-5552, <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.0c02211>

Crise de la Covid-19 : les professionnels des établissements de santé en souffrance

Par Alicia FOURNIER et Héloïse HALIDAY,

Laboratoire de psychologie (Psy-DREPI) de l'Université de Bourgogne Franche-Comté, Dijon

Christine BINQUET,

Inserm CIC 1432, CHU Dijon-Bourgogne de l'UFR des sciences de santé, Dijon

Jean-Pierre QUENOT,

Service de médecine intensive-réanimation du CHU Dijon-Bourgogne,
France-Équipe Lipness du centre de recherche INSERM UMR1231
et LabEx LipSTIC de l'Université de Bourgogne Franche-Comté, Dijon

Et Alexandra LAURENT

Laboratoire de psychologie (Psy-DREPI) de l'Université de Bourgogne Franche-Comté, Dijon,
département d'anesthésie et de réanimation chirurgicale du CHU Dijon-Bourgogne

Alors que l'infection au Sars-CoV-2 s'est rapidement propagée au niveau mondial, on a assisté à une mobilisation massive des établissements de santé pour accueillir l'afflux important de patients. La majorité des recherches ayant étudié l'impact psychologique de la crise sanitaire dans les établissements de santé se sont centrées sur les professionnels de première ligne. Mais, dans les faits, c'est l'ensemble des professionnels qui ont été affectés. Dans cet article, nous proposons d'effectuer une mise au point sur le vécu de ces professionnels dans les établissements de santé durant les premiers mois de la crise de la Covid-19. L'objectif de notre étude était d'identifier les facteurs de stress spécifiques, mais aussi communs à chacune des professions, en nous basant sur le discours de ces professionnels.

Introduction

La pandémie de la Covid-19 a bouleversé les organisations sanitaires à travers le monde, ce qui a eu de nombreuses conséquences sur le bien-être des professionnels des établissements de santé (PES). De nombreuses études ont porté une attention particulière à la santé mentale des soignants exerçant en première ligne (ceux travaillant dans les services dédiés aux patients Covid-19) (voir, par exemple, Laurent *et al.*, 2021). Mais, dans les faits, la crise a affecté les PES dans leur ensemble (Fournier *et al.*, 2022). Ainsi, une méta-analyse regroupant des PES médicaux et d'autres personnels de ces établissements (par exemple, des techniciens, des pharmaciens, des personnels administratifs et de soutien) révélait un taux de dépression de 21,7 % et d'anxiété de 22,1 % (Li *et al.*, 2021). Une autre étude

a comparé le mal-être des PES médicaux par rapport à celui du personnel administratif (Lu *et al.*, 2020). Malgré des niveaux de dépression similaires dans les deux groupes considérés, les PES médicaux présentaient des niveaux d'anxiété plus élevés que ceux du personnel administratif. Parmi les différents PES médicaux, les infirmières et les travailleurs de la santé de première ligne étaient plus à risque de développer un épuisement professionnel (aussi appelé *burn-out*) que les autres PES de la santé (c'est-à-dire, les psychiatres et les psychologues) (Chutiyami *et al.*, 2022).

Hormis ces constats, les études identifiant les éléments explicatifs du développement des troubles de la santé dans l'ensemble des catégories PES restent rares, voire inexistantes. Pourtant, identifier les origines de ces troubles permettrait une prise en charge optimale

des PES en situation de souffrance, notamment en raison de l'effet à long terme que peut avoir une crise sanitaire sur la santé mentale (Preti *et al.*, 2020). En nous appuyant sur le vécu des PES durant les premiers mois de la pandémie en France, nous avons souhaité identifier les facteurs de stress spécifiques, mais aussi communs aux PES de première et de deuxième lignes et aux personnels administratifs des établissements de santé (ES) français.

Méthode

Nous avons mené une enquête, entre le 4 juin et le 22 septembre 2020, soit dans un intervalle de 1,5 à 5 mois après le premier pic épidémique, auprès de 4 370 PES titulaires ou contractuels travaillant dans le milieu « médical/soignant » (aides-soignants, infirmiers, médecins, assistants sociaux, biologistes/laborantins, pharmaciens/préparateurs en pharmacie, psychologues, cadres de santé, kinésithérapeutes, manipulateurs radio/radiologues, maïeuticiens, recherche clinique) et le milieu « non médical/non soignant » (orientation/accueil des personnes, administration, achat logistique, hygiène/sécurité/environnement (QHSE), formation, maintenance technique et réseau informatique) des ES publics ou privés ayant accepté de participer au projet psyCOVID19 (NCT04357769).

L'enquête incluait des questionnaires comportant une évaluation du stress perçu, de la détresse psychologique et du stress post-traumatique, dont les résultats ont été publiés (Fournier *et al.*, 2022), et une partie qualitative où les participants mentionnaient un maximum de dix situations en lien avec leur profession, qui avaient été pour eux particulièrement difficiles à supporter durant la crise. Dans le cadre de cet article, nous présentons les résultats de cette partie qualitative.

Facteurs de stress communs à l'ensemble des professions

Chez l'ensemble des PES, la crise sanitaire de la Covid-19 s'est accompagnée d'une plus grande perception du danger et de l'incertitude entourant l'évolution de la crise à l'avenir. Durant les premières semaines, en raison de l'augmentation des taux de contamination et de mortalité, l'ensemble des PES ont perçu la Covid-19 comme une menace, et ont été marqués par des images fortes : « la diminution de sacs pour emballer les patients décédés, la queue des véhicules mortuaires devant la morgue, la rotation des hélicoptères », la mise des corps « dans les blouses mortuaires et les cercueils », l'improvisation dans la réaffectation des locaux : « mon bureau est devenu une chambre mortuaire », et l'établissement et la « réception de certificats de décès plus nombreux qu'à l'habitude ». Cette saillance de la mort a renforcé le sentiment de peur et a augmenté la conscience de la mortalité, laquelle est source d'incertitude, d'anxiété et de troubles dépressifs (Joaquim *et al.*, 2021). Le manque d'équipements de protection individuelle (EPI) a renforcé cette peur à la fois pour soi-même, mais aussi celle de « transmettre

la maladie à ses proches », qui s'est traduite au travail par une recherche d'un soutien social auprès des collègues ou de PES travaillant dans d'autres secteurs de l'établissement. Ainsi, dans l'ensemble des catégories professionnelles, les PES ont très souvent mentionné la détresse émotionnelle de leurs collègues comme étant une source de stress importante.

Un autre facteur de stress mentionné par l'ensemble des catégories professionnelles était le manque de moyens et de matériels (par exemple, le manque d'effectifs notamment de médecins, une insuffisance de lits, des locaux inadaptés, des matériels défectueux, manque de tests de dépistage, manque de produits tests, manque de médicaments, l'absence de gel hydroalcoolique). Ainsi, les PES travaillant dans la pharmacie ont été confrontés à une « très grande difficulté pour [arriver à] être livrés [...]. Nous n'avions pas de stocks suffisants pour faire face. Nous avons passé des heures à trouver d'autres fournisseurs, des équivalences de matériels, et toujours les mêmes réponses, nous n'aurons pas de stocks disponibles avant quatre semaines ». Pour faire face à l'afflux massif de patients et pallier le manque en moyens humains et de matériels, les PES ont donc dû redoubler d'efforts pour pouvoir effectuer correctement leur travail, parfois même en prenant des risques pour leur santé physique (comme, bien que non dotés d'un EPI, accueillir et prendre en charge des patients suspects Covid non testés, car les tests de dépistage manquaient, ou aller dans des services Covid). Les efforts gigantesques produits souffraient néanmoins d'un manque de reconnaissance des collègues et/ou de la hiérarchie, mais aussi du gouvernement ; il y avait également un manque d'informations. Dans un contexte où la charge de travail était importante dans les ES, cela a pu contribuer dans la société tout entière à une amplification des cas de *burn-out* (Cotel *et al.*, 2021), des états de mal-être renforcés par un isolement professionnel important provoqué par le confinement puis le télétravail, par un sentiment d'inutilité ou d'impuissance face à la crise, ou encore une frustration de ne pas avoir été suffisamment mobilisé.

Facteurs de stress spécifiques aux différentes professions

Aux côtés de ces facteurs de stress communs, des facteurs plus spécifiques à chacune des catégories professionnelles ont émergé. L'isolement familial des patients a été un facteur de stress important pour les PES (aides-soignants, infirmiers, cadres de santé, médecins, kinésithérapeutes, maïeuticiens, psychologues et assistants sociaux) se trouvant au plus près des malades. Les PES ont fait état de la « souffrance des résidents âgés face à cette situation d'isolement social, et le vide affectif », et ce « malgré les appels en vidéo » (psychologue), ou encore de « l'isolement des patients du fait de l'absence de visites » (médecin). Pour les maïeuticiens, « l'isolement des femmes sans visite » et « les mamans seules pour accoucher » étaient les facteurs de stress les plus cités, cela impliquait de gérer la détresse émotionnelle de ces femmes, mais aussi

celle des pères qui ne pouvaient rendre visite à leurs compagnes et à leurs nouveau-nés.

« L'irrespect des fondamentaux de l'éthique de l'accompagnement, notamment des personnes âgées et/ou handicapées » (médecin) et les conditions du traitement des patients « en fin de vie qui décèdent désespérément seuls avec des familles désemparées » (infirmier) ont fait émerger des questions éthiques, nécessitant la création ou la réactivation de cellules dédiées dans certains ES pour aborder des problématiques tournant notamment autour de « l'ordre de ne pas réanimer ou de la limitation-arrêt des thérapeutiques actives » (médecin) et des déprogrammations d'interventions chirurgicales. Les conditions de traitement de la fin de vie des patients ont également pâti du poids des protocoles sanitaires stricts imposés par la pandémie, avec les restrictions sur les soins apportés au corps des personnes décédées (corps placés dans des housses fermées, ne pouvant pas être vus par les proches en chambre funéraire), et ce en plus des restrictions en matière de visite. Ce poids des protocoles sanitaires a d'ailleurs été un facteur de stress fréquemment cité par les PES au contact des patients et/ou au contact des visiteurs, cumulé à une certaine difficulté à « assimiler tous les jours de nouvelles informations, de nouveaux changements de protocoles concernant la prise en charge des patients » (manipulateur en radiologie). Les évolutions parfois très rapides de la réglementation et l'absence de cohérence ressentie entre les annonces des multiples tutelles (gouvernement et ARS) ont aussi fortement contribué au stress des PES de la santé, notamment des cadres de santé, lesquels étaient chargés de faire appliquer ces nouveaux protocoles par leurs équipes.

Un autre changement majeur imposé par les règles sanitaires a été la généralisation du télétravail. Les psychologues, les chercheurs et les assistants sociaux citaient également ce facteur de stress qu'ils classaient en première ou deuxième position, soulignant notamment les « difficultés [pour eux de] traiter les émotions, les pleurs [face à des] usagers parfois alarmés, la difficulté de rassurer, de calmer par téléphone », notamment en cas d'idéations suicidaires de leurs patients. Ils mentionnaient également l'impossibilité d'effectuer correctement leur travail d'accompagnement des familles en cas de décès d'un de leurs proches. Ces difficultés n'ont pas été sans conséquences sur les relations des PES avec leurs patients. Notamment, les psychologues et les psychiatres ont signalé des changements dans leur façon de travailler dus à la Covid-19 pour la moitié d'entre eux et une détérioration de leurs relations avec les patients dans 62,5 % des cas (Dzinamarira *et al.*, 2021). Les travailleurs sociaux, à l'instar des psychologues, ont également rencontré de nombreuses difficultés pour gérer les entretiens à distance, mais aussi pour manager la prise en charge des patients en lien avec des partenaires extérieurs souvent indisponibles. Les chercheurs, quant à eux, ont exprimé leur « solitude et le sentiment d'inutilité engendré par le télétravail », un mal-être accru par « un arrêt brutal des projets en cours » pour accorder la priorité aux études sur la Covid-19. Chez les PES de l'administration, « l'isole-

ment du fait du télétravail » a été une source de stress soit parce qu'ils travaillaient chez eux, parfois sans matériel adapté, soit parce qu'ils se retrouvaient seuls au bureau. Les formateurs ont également souffert du télétravail qui a impliqué pour eux une « nouvelle organisation du travail » et qui souvent ont été confrontés à un manque de matériel, les obligeant à télétravailler « avec du matériel personnel (informatique, téléphonique, réseau...) » souvent inadapté.

L'urgence de la situation a aussi été vécue comme stressante pour les PES travaillant dans les laboratoires, lesquels ont eu « plus de travaux urgents à réaliser pendant cette période (réanimations, urgences, services "spécial Covid") », déplorant des manques « en réactifs » pour réaliser les analyses biologiques et un « manque de personnel ». Ce manque de personnel s'est aussi fait sentir chez les infirmiers et les cadres de santé qui ont dû gérer les plannings en faisant face à un taux d'absentéisme élevé. Les PES responsables de l'achat des matériels ont dû, dans « l'urgence absolue », gérer une « pénurie de dispositifs médicaux déjà "habituelle" en situation "normale", qui a été accrue avec les problématiques logistiques liées à la Covid ». Le manque d'EPI et de matériel médical, combiné aux changements incessants, voire contradictoires dans les directives, a conduit à de la colère et à de la frustration, qui se sont traduites par de « l'agressivité de la part des soignants » envers les PES du secteur Qualité, Hygiène, Sécurité, Environnement (QHSE), qui transmettaient et devaient faire respecter les consignes sanitaires. Certains répondants ont rapporté avoir été accusés de « ne pas avoir protégé les équipes et d'être responsables de l'hospitalisation en réanimation de collègues. »

Les PES de l'administration ont fréquemment cité en tant que situation difficile la gestion par eux du stress « de certains professionnels de santé de terrain : [qui, pour certains, étaient en] état de panique, de fuite pour d'autres, ou de colère [ou sujets à] des angoisses de mort », et ce en plus de devoir gérer leur propre peur d'être contaminés du fait du rationnement des EPI au profit des services de soins durant les premières semaines de la pandémie. Les secteurs de la maintenance réseaux et applicatifs informatiques ainsi que le secteur de l'ingénierie et de la maintenance technique ont également dû faire face à une « charge de travail fortement augmentée sur site du fait que leurs collègues étaient en télétravail », mais aussi du fait de « la coordination et de la mise en place en urgence de la téléconsultation pour une vingtaine de spécialités médicales » ou encore en raison d'une « forte augmentation des demandes liées aux matériels et à la réorganisation ». Pour finir, les formateurs se caractérisaient par leur préoccupation quant à la poursuite des cursus et des stages, avec la nécessité d'« assurer la sécurité des étudiants en stage au début de la crise alors que les informations étaient incomplètes et changeantes » et d'« accompagner les étudiants en stage sur les plans sanitaire, physique et psychologique », et ce dans un contexte où « les décisions de l'ARS pour organiser, pour gérer la poursuite de la formation initiale des étudiants » se faisaient attendre.

Les défis à relever pour la période de post-pandémie

Malgré des professions qui semblent éloignées, il existe de nombreux facteurs de stress qui leur sont communs (changements dans l'organisation du travail, du service, charge de travail accrue, manque de matériels et de moyens humains, absence de reconnaissance, manque d'informations, isolement professionnel, nombre élevé de décès, gestion émotionnelle, du stress des collègues, incertitude sur l'évolution de la crise dans l'avenir, risque, peur de contaminer ses proches, le sentiment d'inutilité, d'impuissance). Cette étude a permis de mettre en évidence que chacune des professions au sein des établissements a été impactée par la crise. Les ES doivent en conséquence mener une politique globale d'accompagnement des professionnels. Les ES vont donc devoir faire face à de nouveaux défis dans la gestion des ressources humaines, qu'ils soient d'ordre organisationnel ou personnel (Yusefi *et al.*, 2022). L'enjeu post-crise pour les ES sera notamment celui de l'attractivité, qui passera par l'attention particulière qu'ils porteront en tant qu'organisations à la performance humaine et par leur capacité à prendre soin de leurs professionnels.

Bibliographie

CHUTIYAMI M., CHEONG A. M. Y., SALIHU D., BELLO U. M., NDWIGA D., MAHARAJ R., NAIDOO K., KOLO M. A., JACOB P., CHHINA N., KU T. K., DEVAR L., PRATITHA P. & KANNAN P. (2022), "Covid-19 Pandemic and Overall Mental Health of Healthcare Professionals Globally: A Meta-Review of Systematic Reviews", *Frontiers in Psychiatry* 12, <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.804525>

COTEL A., GOLU F., PANTEA STOIAN A., DIMITRIU M., SOCEA B., CIRSTOVEANU C., DAVITOIU A. M., JACOTA ALEXE F. & OPREA B. (2021), "Predictors of Burnout in Healthcare Workers during the COVID-19 Pandemic", *Healthcare* 9(3), 304, <https://doi.org/10.3390/healthcare9030304>

DZINAMARIRA T., MUREWANHEMA G., MHANGO M., IRADUKUNDA P. G., CHITUNGO I., MASHORA M., MAKANDA P., ATWINE J., CHIMENE M., MBUNGE E., MAPINGURE M. P., CHINGOMBE I., MUSUKA G., NKAMBULE S. J. & NGARA B. (2021), "Covid-19 Prevalence among Healthcare Workers. A Systematic Review and Meta-Analysis", *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(1), 146, <https://doi.org/10.3390/ijerph19010146>

FOURNIER A., LAURENT A., LHEUREUX F., RIBEIRO-MARTHOU D. M. A., ECARNOT F., BINQUET C. & QUENOT J.-P. (2022), "Impact of the Covid-19 pandemic on the mental health of professionals in 77 hospitals in France", *PLOS ONE* 17(2), e0263666, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263666>

JOAQUIM R. M., PINTO A. L. C. B., GUATIMOSIM R. F., DE PAULA J. J., SOUZA COSTA D., DIAZ A. P., DA SILVA A. G., PINHEIRO M. I. C., SERPA A. L. O., MIRANDA D. M. & MALLOY-DINIZ L. F. (2021), "Bereavement and psychological distress during Covid-19 pandemics: The impact of death experience on mental health", *Current Research in Behavioral Sciences* 2, 100019, <https://doi.org/10.1016/j.crbeha.2021.100019>

LAURENT A., FOURNIER A., LHEUREUX F., LOUIS G., NSEIR S., JACQ G., GOULENOK C., MULLER G., BADIE J., BOUHEMAD B., GEORGES M., MERTES P.-M., MERDJI H., CASTELAIN V., ABDULMALAK C., LESIEUR O., PLANTEFEVE G., LACHERADE J.-C., RIGAUD J.-P., QUENOT J.-P. *et al.* (2021), "Mental health and stress among ICU healthcare professionals in France according to intensity of the Covid-19 epidemic", *Annals of Intensive Care* 11(1), 90, <https://doi.org/10.1186/s13613-021-00880-y>

LI Y., SCHERER N., FELIX L. & KUPER H. (2021), "Prevalence of depression, anxiety and post-traumatic stress disorder in health care workers during the Covid-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis", *PLOS ONE* 16(3), e0246454, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246454>

LU W., WANG H., LIN Y. & LI L. (2020), "Psychological status of medical workforce during the Covid-19 pandemic: A cross-sectional study", *Psychiatry Research* 288, 112936, <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.112936>

PITTET D., BOONE L., MOULIN A.-M., BRIET R. & PARNEIX P. (2021), rapport de la mission indépendante nationale sur l'évaluation de la gestion de la crise Covid-19 et sur l'anticipation des risques pandémiques, <https://www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/pdf/279851.pdf>

PRETI E., DI MATTEI V., PEREGO G., FERRARI F., MAZZETTI M., TARANTO P., DI PIERRO R., MADEDDU F. & CALATI R. (2020), "The Psychological Impact of Epidemic and Pandemic Outbreaks on Healthcare Workers: Rapid Review of the Evidence", *Current Psychiatry Reports* 22(8), 43, <https://doi.org/10.1007/s11920-020-01166-z>

YUSEFI A. R., SHARIFI M., NASABI N. S., REZABEIGI DAVARANI E. & BASTANI P. (2022), "Health human resources challenges during Covid-19 pandemic; evidence of a qualitative study in a developing country", *PLOS ONE* 17(1), e0262887, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262887>

Troubles chimiosensoriels causés par la Covid-19 : effets à long terme et piste d'une solution

Par Coline ZIGRAND, Sarah BROSSE, Nouhaila BOUGUIYOUN, Simon BÉRUBÉ, Nicholas BUSSIÈRE et Johannes FRASNELLI

Département d'anatomie de l'Université du Québec à Trois-Rivières (Canada)

Les symptômes de la Covid-19 tels que la toux, la fièvre et l'essoufflement se résorbent généralement quelques jours après l'infection. Une récente étude de notre laboratoire de recherche en neuroanatomie chimiosensorielle (Québec, Canada) a investigué les effets à long terme de la Covid-19 sur les sens chimiques (odorat, goût et système trigéminal). Nos résultats soulignent qu'environ un an après avoir été infectés par la Covid-19, les participants rapportent encore souffrir de troubles chimiosensoriels.

Introduction

Les symptômes de la Covid-19 tels que la toux, la fièvre et l'essoufflement se résorbent généralement quelques jours après l'infection (Huang *et al.*, 2020 ; Tang *et al.*, 2020). Toutefois, de nombreuses personnes rapportent une persistance de certains symptômes plusieurs mois après l'infection. Ce syndrome s'appelle la Covid longue (Zayet *et al.*, 2021 ; Yan *et al.*, 2021). La Covid longue réduit grandement la qualité de vie des personnes qui en souffrent et revêt un caractère encore mystérieux pour les chercheurs. Parmi les symptômes

de la Covid longue, on dénombre les troubles du goût et de l'odorat (Raveendran *et al.*, 2021). En effet, dans cet article, nous allons découvrir que le trouble de l'odorat peut persister chez plus de la moitié des personnes infectées.

En raison du contexte pandémique dans lequel la distanciation sociale et de nombreuses mesures sanitaires étaient exigées, notre équipe de recherche s'est penchée sur les effets à long terme du Covid-19 sur les sens chimiques à l'aide de questionnaires en ligne et de tests à distance.

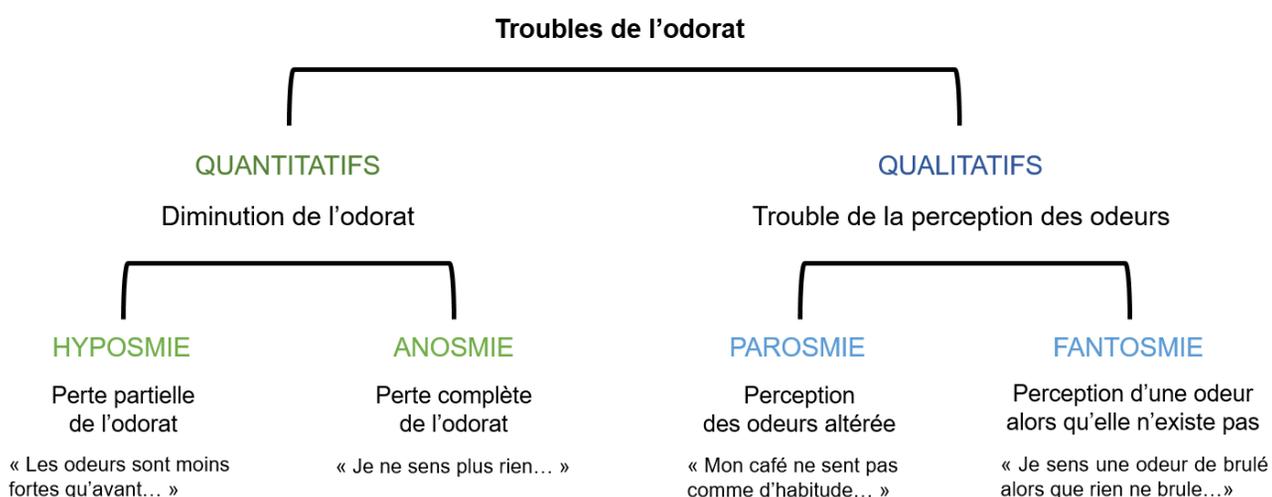


Figure 1 : Les différents troubles de l'odorat.

Les sens chimiques

Les sens chimiques comprennent l'odorat, le goût et le système trigéminal. L'odorat, sens nous permettant de percevoir les odeurs qui nous entourent, est associé à de nombreux troubles qui sont définis dans la Figure 1 de la page précédente. Le goût nous permet de percevoir le sucré, le salé, l'amer, l'acide et l'umami. D'origine japonaise, le terme « umami » signifie « savoureux » et est particulièrement associé à certains aliments, tels que le parmesan, la sauce soja, les tomates, etc. (Kurihara, 2015). Moins connu, le système trigéminal est le sens qui nous permet de percevoir les sensations liées aux odeurs, comme la fraîcheur de la menthe, le piquant de la cannelle, le pétillant des boissons gazeuses, etc. (Gerhold et Bautista, 2010).

L'atteinte des sens chimiques a pour conséquence une altération de la qualité de vie des personnes : absence d'alerte face aux informations nocives (fumée et nourriture avariée), comportements alimentaires dysfonctionnels (consommation accrue de sel ou de sucre ou, au contraire, anorexie), anxiété et isolement social (peur de dégager une odeur corporelle désagréable), et effet sur les métiers pour lesquels ces sens sont essentiels (cuisiniers, sommeliers, etc.) (Gonzales GM *et al.*, 2007 ; Mattes *et al.*, 1990 ; Croy *et al.*, 2014).

L'évolution des troubles chimiosensoriels post-Covid-19

« Sortez votre beurre de cacahuète, votre confiture et votre café : il est l'heure de faire le bilan ! »

Deux études récentes de notre laboratoire de recherche en neuroanatomie chimiosensorielle (Québec, Canada)

publiées dans la revue *Chemical Senses* ont investigué les effets à long terme de la Covid-19 sur les sens chimiques (l'odorat, le goût et le système trigéminal) (Bussièrre *et al.*, 2021; 2022). Comme résumé dans la Figure 2 ci-après, notre équipe a recruté 704 personnes ayant contracté la Covid-19 lors de la première vague de cette pandémie (février à juin 2020). Grâce à des questionnaires informatisés, nous avons pu évaluer la perception chimiosensorielle des participants avant, pendant et cinq mois après leur infection. Les valeurs recueillies avant et pendant l'infection reposaient sur la mémoire des individus, puisque le premier questionnaire a été envoyé cinq mois après l'infection. Ensuite, les fonctions olfactives et gustatives des participants ont été évaluées à l'aide d'un test de perception chimiosensorielle. Afin d'évaluer l'odorat, ce test requiert de sentir des ingrédients communément trouvés dans les foyers nord-américains (café, beurre de cacahuète, confiture) et de noter leur degré d'intensité sur une échelle allant de 0 (pas d'odeur) à 10 (odeur très forte). Pour évaluer le goût, ce test requiert de goûter du sucre et du sel préalablement dilués dans de l'eau tiède et de noter le degré de l'intensité ressentie par les participants sur une échelle allant de 0 à 10. Six mois plus tard, 366 participants ont accepté de remplir une seconde fois les deux questionnaires diffusés en ligne.

Perte de l'odorat et du goût onze mois après que la Covid-19 se soit invitée chez certains d'entre nous

Cette étude a permis de mettre en évidence des résultats très intéressants.

Premièrement, **pendant l'infection**, les participants rapportent une diminution de leur sens olfactif (81,3 %) et gustatif (81,5 %), ainsi que de leur sensibilité trigéminal (48 %). Fait intrigant, on constate que les sens

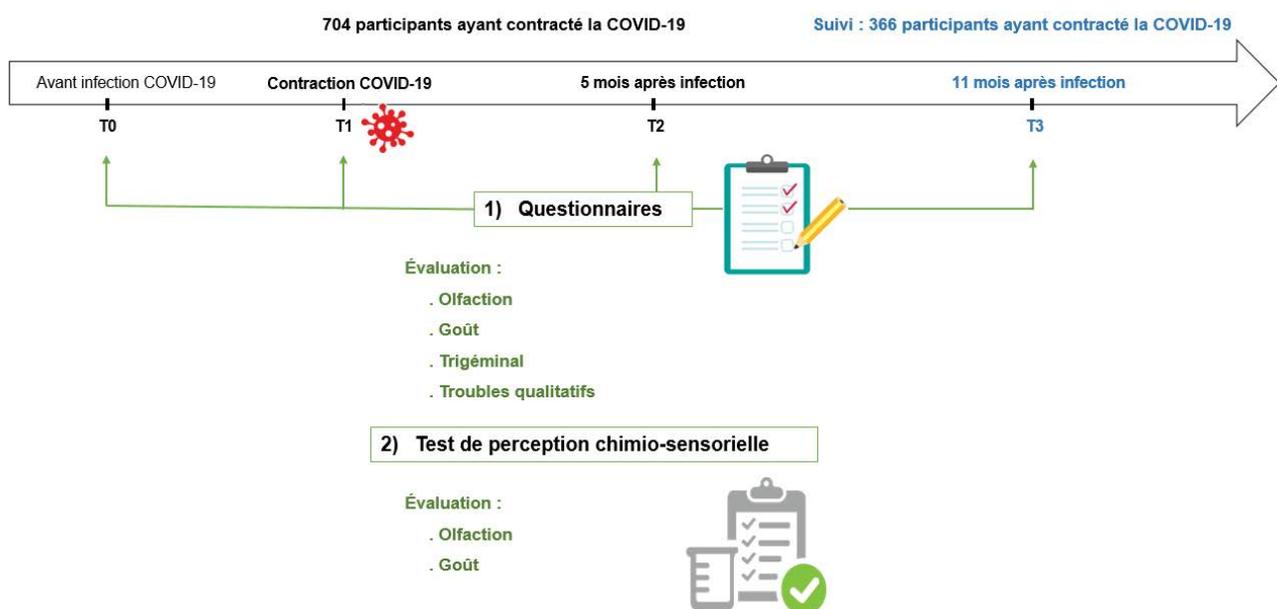


Figure 2 : Protocole d'évaluation de la perception chimiosensorielle chez des participants atteints de la Covid-19 avant, durant, 5 mois et 11 mois après leur infection par le virus.

chimiques des femmes sont plus touchés par la Covid-19 que ceux des hommes.

Deuxièmement, **cinq mois après l'infection**, environ la moitié des participants constatent une diminution persistante de leur olfaction (52 %) et de leur gustation (41,9 %) comparativement à avant l'infection. Plus précisément, environ 10 % des participants rapportent avoir une parosmie et/ou une phantosmie après avoir été infectés. De plus, le test de perception chimiosensorielle utilisant les aliments de nos placards montre qu'un participant sur quatre présente un trouble de l'odorat qui persiste cinq mois après l'infection. Par ailleurs, certains facteurs, tels que la présence de douleur thoracique, de phantosmie ou de troubles gustatifs, indiquent un risque accru d'une moins bonne récupération des sens chimiosensoriels.

Troisièmement, **onze mois après l'infection**, la moitié des participants indiquent souffrir d'une altération olfactive (50,3 %) et gustative (44,5 %) persistante. En d'autres termes, onze mois après l'infection, la moitié des participants n'ont toujours pas retrouvé l'usage normal de leur odorat et de leur goût. Concernant le système trigéminal, seulement 23,5 % de ces participants estiment n'avoir pas retrouvé un usage correct de ce sens. Curieusement, entre l'évaluation du cinquième mois et celle du onzième mois, le nombre de participants se plaignant de parosmie et/ou de phantosmie augmente. Enfin, le test de perception chimiosensorielle montre à nouveau qu'un participant sur quatre présente un trouble de l'odorat qui persiste, cette fois-ci, onze mois après l'infection.

L'entraînement olfactif : une piste de solution ?

Une étude prometteuse est actuellement en cours dans notre laboratoire de recherche en neuroanatomie chimiosensorielle (Québec, Canada) (Bérubé *et al.*, 2022). Cette dernière vise à évaluer l'efficacité d'un entraînement olfactif chez des personnes présentant un trouble de l'odorat qui persiste chez elles plus de deux mois après avoir contracté la Covid-19.

Sur une période de douze semaines, l'entraînement olfactif consiste à faire sentir aux participants des odeurs de manière répétée afin de favoriser la régénération des neurones olfactifs. Plus précisément, durant cet entraînement olfactif, ils sentent quatre odeurs (des essences de rose, d'orange, d'eucalyptus et de clou de girofle) pendant dix secondes, et ce deux fois par jour (Bérubé *et al.*, 2022).

D'après les résultats préliminaires de notre étude (Bérubé *et al.*, 2022), les participants constatent, grâce à l'entraînement olfactif, une amélioration, d'un point de vue subjectif, de leurs sens chimiques. De plus, ils rapportent avoir une meilleure qualité de vie et une diminution de la fréquence de la parosmie.

Ainsi, l'entraînement olfactif constitue une voie non pharmacologique prometteuse pour traiter les troubles chimiosensoriels causés par la Covid-19. En effet, ce traitement est peu coûteux, rapide (10 minutes par jour)

et comporte très peu d'effets indésirables. Toutefois, d'autres études sont nécessaires avant de pouvoir proposer ce traitement aux patients rapportant des troubles chimiosensoriels.

Conclusions

Nos différentes études soulignent qu'environ un an après avoir été infectés par la Covid-19, les participants rapportent souffrir de troubles chimiosensoriels. En effet, étant conscients de ce symptôme de Covid-19 longue, ils éprouvent plusieurs difficultés dans leur vie au quotidien.

Depuis son apparition, le virus responsable de la pandémie de Covid-19 n'a cessé de muter. Par conséquent, les différents variants présentent des effets distincts sur les sens chimiques (Butowt *et al.*, 2022). En effet, alors que nos études ont montré que la perte des sens chimiques était un symptôme clé de la première vague de l'infection au Covid-19, d'autres études ont démontré, par la suite, une faible prévalence du dysfonctionnement des sens chimiques avec le variant Delta (Klimek *et al.*, 2022) et le variant Omicron (Butowt *et al.*, 2022).

À retenir

Près de 80 % des patients positifs à la Covid-19 rapportent une diminution de leur odorat pendant l'infection.

Les sens chimiques incluent l'odorat, le goût et le système trigéminal. Le système trigéminal, moins connu, est le sens de la perception de certaines sensations comme la fraîcheur de la menthe, du piquant de la cannelle ou du pétillant des boissons gazeuses.

Les sens chimiques des femmes sont plus atteints par la Covid-19 que ceux des hommes.

Les troubles chimiosensoriels post-Covid-19 persistent et peuvent même s'aggraver plusieurs mois après l'infection.

Les troubles chimiosensoriels post-Covid-19 diffèrent en termes de sévérité et de prévalence à la suite de la mutation du virus.

Bibliographie

BÉRUBÉ S., DEMERS C., PEK V., CHEN A., BUSSIÈRE N., CLOUTIER F., FILIZ G., BÉGIN-BOLDUC J. & FRASNELLI J. (2022), *Effects of olfactory training on olfactory dysfunction induced by Covid-19* [poster presentation], XLIV Association for Chemoreception Sciences (Achems) annual meeting, Bonita Spring, Florida, USA.

- BUSSIÈRE N., MEI J., LEVESQUE-BOISSONNEAULT C., BLAIS M., CARAZO S., GROS-LOUIS F., DE SERRES G., DUPRÉ N. & FRASNELLI J. (2021), "Chemosensory Dysfunctions Induced by Covid-19 Can Persist up to 7 Months: A Study of Over 700 Healthcare Workers", *Chemical Senses* 46, bjab038, <https://doi.org/10.1093/chemse/bjab038>
- BUSSIÈRE N., MEI J., LEVESQUE-BOISSONNEAULT C., BLAIS M., CARAZO S., GROS-LOUIS F., LAFORCE R. Jr., DE SERRES G., DUPRE N. & FRASNELLI J. (2022), "Persisting chemosensory impairments in 366 healthcare workers following Covid-19: An 11-month follow-up", *Chemical Senses* 47, <https://doi.org/10.1093/chemse/bjac010>
- BUTOWT R., BILINSKA K. & VON BARTHELD C. (2022), "Why Does the Omicron Variant Largely Spare Olfactory Function? Implications for the Pathogenesis of Anosmia in Coronavirus Disease 2019", *J. Infect. Dis.*
- CROY I., NORDIN S. & HUMMEL T. (2014), "Olfactory disorders and quality of life – An updated review", *Chemical Senses* 39(3), pp. 185-194.
- GERHOLD K. A. & BAUTISTA D. M. (2010), "Molecular and Cellular Mechanisms of Trigeminal Chemosensation", *Ann. N. Y. Acad. Sci.*
- GONZALES G. M. & COOK M. J. (2007), "Chapter 13 – Disorders of smell and taste", In SCHAPIRA A. H. V., BYRNE E., DIMAURO S. *et al.* (editors), *Neurology and clinical neuroscience*, Philadelphia (PA): Mosby, pp. 171-177.
- HUANG C., WANG Y., LI X., REN L., ZHAO J., HU Y., ZHANG L., FAN G., XU J., GU X., CHENG Z., YU T., XIA J., WEI Y., WU W., XIE X., YIN W., LI H., LIU M., XIAO Y., GAO H., GUO L., XIE J., WANG G., JIANG R., GAO Z., JIN Q., WANG J. & CAO B. (2020), "Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China", *Lancet* 395(10223), pp. 497-506.
- KLIMEK L., HAGEMANN J., HUMMEL T., ALTUNDAG A., HINTSCHICH C., STIELOW S. & BOUSQUET J. (2022), "Olfactory dysfunction is more severe in wild-type SARS-CoV-2 infection than in the Delta variant (B.1.617.2)", *World Allergy Organ J.*
- KURIHARA K. (2015), "Umami the Fifth Basic Taste: History of Studies on Receptor Mechanisms and Role as a Food Flavor", *Biomed. Res. Int.*
- MATTES R., COWART B., SCHIAVO M., ARNOLD C., GARRISON B., KARE M. & LOWRY L. (1990), "Dietary evaluation of patients with smell and/or taste disorders", *Am. J. Clin. Nutr.* 51, pp. 233-240.
- RAVEENDRAN A. V., JAYADEVAN R. & SASHIDHARAN S. (2021), "Long Covid ; An Overview", *Diabetes Metab. Syndr.*, pp. 869-875.
- TANG Y., LIU J., ZHANG D., XU Z., JI J. & WEN C. (2020), "Cytokine Storm in Covid-19: The Current Evidence and Treatment Strategies", *Frontiers in Immunology* 11(1708).
- YAN Z., YANG M. & LAI C.-L. (2021), "Long Covid-19 Syndrome: A Comprehensive Review of Its Effect on Various Organ Systems and Recommendation on Rehabilitation Plans", *Biomedicines* 9(8): 966.
- ZAYET S., ZAHRA H., ROYER P.-Y., TIPIRDAMAZ C., MERCIER J., GENDRIN V., LEPILLER Q., MARTY-QUINTERNET S., OSMAN M., BELFEKI N., TOKO L., GARNIER P., PIERRON A., PLANTIN J., MESSIN L., VILLEMMAIN M., BOUILLER K. & KLOPFENSTEIN T. (2021), "Post-Covid-19 Syndrome: Nine Months after Sars-CoV-2 Infection in a Cohort of 354 Patients: Data from the First Wave of Covid-19 in Nord Franche-Comté Hospital, France", *Microorganisms* 9(8): 1719.

Évolution de la gestion des crises sanitaires dans l'après-Covid-19

Par le Dr Clément LAZARUS et le Pr Jérôme SALOMON

Direction générale de la Santé, ministère de la Santé et de la Prévention

La fréquence des crises majeures ayant un impact sanitaire augmente. Leur complexité et leur intensité s'accroissent. La crise liée à la pandémie de Covid-19 a été particulièrement exceptionnelle par sa sévérité et sa durée. Si la gestion de l'incertitude a représenté un challenge majeur du début de crise, les solutions apportées par la suite ont fait appel à de multiples innovations technologiques et organisationnelles. Le grand enjeu de l'après-crise sera d'assurer la transmission des savoirs et savoir-faire acquis durant la crise au travers de l'établissement d'une véritable culture institutionnelle de la préparation aux crises.

Un bref regard sur l'actualité de ces dernières années suffit pour s'en convaincre. Les crises sanitaires de toute nature et de gravité variable surviennent à intervalle rapproché : risques de catastrophes naturelles liées aux changements climatiques à l'instar des ouragans Irma, Maria et José aux Antilles ; crue centennale de la Seine de sévérité élevée ; inondations dans le sud de la France ; risques technologiques et industriels comme l'incendie de l'usine Lubrizol à Rouen ; risques terroristes comme en témoignent les nombreux attentats et attaques que notre pays a connu au cours de la dernière décennie ; risque cyber avec un nombre des attaques informatiques visant le système de santé qui progresse d'année en année ; ou encore risques NRBC, comme en témoigne l'actualité ukrainienne de ces derniers mois.

Parmi tous les risques, le risque biologique est sans doute celui qui a été le plus longtemps négligé et dont la complexité au regard de ses causes et de ses conséquences nécessite aujourd'hui de mettre à jour notre dispositif de préparation, de planification et de réponse face à un type de crise dont la fréquence, là encore, augmente.

Ainsi, depuis le début des années 2000, les crises liées à l'émergence ou à la résurgence d'agents pathogènes se succèdent à un rythme soutenu : SRAS en 2003 ; grippe H1N1 en 2009 ; épidémies régulières d'Ebola sur le continent africain, dont une épidémie majeure en 2014-2015 en Afrique de l'Ouest ; émergence du Zika en 2016 ; épidémie majeure de peste à Madagascar en 2017. Ce tableau aigu se surajoute, bien sûr, aux trois pandémies majeures et toujours présentes que sont le paludisme, la tuberculose et le VIH/SIDA.

Pour comprendre l'accroissement de la fréquence de ces crises à potentiel pandémique, il faut faire appel au

concept « Une seule santé » développé au début des années 2000 et qui est aujourd'hui central pour l'explication des causes des épidémies, comme pour le développement de solutions pour y remédier et prévenir les crises à venir. Cette approche repose sur l'idée que la santé humaine, la santé animale et la santé végétale sont interdépendantes et liées à la santé des écosystèmes dans lesquels le monde du vivant évolue. Dès lors, l'augmentation des interactions hommes/animaux, notamment sous l'effet de la déforestation qui accroît les opportunités de contact entre l'homme et la faune sauvage, l'explosion démographique, le vieillissement des populations s'accompagnant d'une immunité amoindrie, les migrations majeures sous la pression du changement climatique et des conflits, les concentrations urbaines massives, les échanges intercontinentaux de personnes et de biens difficiles à contrôler sont autant de facteurs qui contribuent à rendre notre monde plus sensible face aux épidémies.

L'accélération et l'aggravation de tous ces facteurs obligent à réagir vite, car dans le contexte du risque pandémique, et ce quel qu'en soit le foyer initial, il ne faut pas oublier que les agents pathogènes se déplacent à la même vitesse que l'homme. Nous devons aussi être solidaires et nous préparer en continu aux futures pandémies, car, comme à chaque crise, ce sont les plus faibles d'entre nous qui seront les premières victimes.

Nous devons donc lutter avec énergie contre les inégalités sociales, territoriales et d'accès à l'information en matière de santé, qui s'accroissent au sein des populations. Les investissements dans l'éducation des jeunes à la santé, dans la formation des professionnels de santé, dans la prévention et dans la communication sont absolument nécessaires et doivent venir renforcer les efforts de préparation aux crises, lesquels reposent sur le triptyque planification-RETEX-exercices.

Une des leçons apprises durant la pandémie : se préparer à gérer dans l'incertitude, dans un monde ouvert et avec tous les secteurs de la société

La pandémie de Covid-19 est d'abord une crise sanitaire d'ampleur inédite, dont les défis majeurs qu'elle a posés au système de santé ont été relevés grâce à l'engagement exceptionnel des femmes et des hommes qui le font vivre et l'animent au quotidien.

D'abord, les soignants, qui face à une maladie dont on ne savait presque rien, ont fait preuve d'un engagement admirable qui a permis de prendre en charge l'afflux hospitalier massif de patients dont les états cliniques étaient parfois gravissimes.

Cela a permis, en début de crise, de rapidement comprendre la physiopathologie de la maladie Covid-19 pour mieux adapter, dans l'urgence, les prises en charge et améliorer le pronostic vital et fonctionnel et, ensuite, pour mieux prendre en charge les formes séquellaires et les COVID longs.

Cela a également été un défi pour les personnels administratifs des établissements de santé qui ont su être des facilitateurs des réorganisations successives afin, là aussi, de permettre de faire face à l'afflux massif de malades.

En complément de ces organisations qui doivent tout aux équipes locales, les autorités sanitaires ont aussi innové en mettant en place deux stratégies de gestion du débordement induit des capacités hospitalières.

En premier lieu, en plus de la mobilisation de la réserve sanitaire animée par Santé publique France, une plateforme informatique a permis de mettre en relation les professionnels de santé disponibles avec les établissements de santé ayant besoin de renforts selon un modèle B2B, laissant en parallèle la possibilité aux ARS de participer à la recherche de renforts. Dans les évolutions à venir des modalités de l'appel à des renforts humains en cas de crise prolongée, le dispositif susmentionné est appelé à être pérennisé.

En second lieu, un autre dispositif marquant des premières vagues de la crise aura été la capacité démontrée de réaliser des opérations d'évacuation sanitaire (EVASAN) massives, en mobilisant tous les moyens disponibles, aussi bien terrestres (ambulances, trains), qu'aériens (avions, hélicoptères) et maritimes (liaisons par navires entre la Corse et le continent).

Dans la réussite de ce qui restera comme la plus grande opération d'EVASAN en temps de paix, il faut souligner la coopération exceptionnelle entre tous les acteurs publics (SAMU, pompiers, militaires, établissements de santé) et privés (prestataires aéronautiques, notamment), ainsi que les nombreuses innovations imaginées pour permettre la prise en charge de très nombreux patients et parfois sur de très grandes distances lorsqu'il s'est agi de délester les Outre-mer, des Antilles à la Polynésie française.

Si les EVASAN massives doivent rester un dernier recours au regard des trop grands risques qu'elles impliquent pour les patients, il y aura pour autant un avant et un après-COVID en la matière, avec un savoir-faire qui est appelé à se transmettre et à se diffuser, en France et à l'international pour être réutilisé dans le cadre de la gestion d'autres crises.

La crise de la COVID a été l'occasion d'apporter une réponse technique, là aussi, sans précédent. Par l'accélération du temps et la facilitation de la mise à disposition des moyens nécessaires pour répondre aux enjeux de la pandémie, la crise est génératrice néanmoins d'innovations de rupture. Aujourd'hui, suite à cette crise, nous savons, en France, déployer un système en capacité de réaliser près de 15 millions (!) de tests diagnostiques par semaine pour une seule et même maladie infectieuse et mettre en place le système de *contact-tracing* qui va avec.

Nous avons développé des systèmes d'information permettant d'avoir une vision « haute résolution » de la situation épidémiologique, hospitalière et vaccinale, sur lesquels il faudra capitaliser pour l'avenir en facilitant leur interfaçage et en débattant, « en temps de paix », de la manière dont peut être encadrée, en temps de crise, l'exploitation des données individuelles à des fins de recherche et de gestion de crise, un cadre qui doit être adapté mais toujours respectueux des libertés individuelles.

Les outils numériques, au premier rang desquels l'application TousAntiCovid, ont été au cœur de la stratégie de réponse. Ils ont permis non seulement une gestion facilitée des certificats de test et de vaccination, mais aussi un *contact-tracing* numérique, dont il faudra faire un retour d'expérience en profondeur. Ils ont aussi été les vecteurs de diffusion d'une information ciblée sur la pandémie et sur les mesures de prévention à adopter au plus près des populations.

La pandémie de Covid-19 a démontré que lorsqu'elle n'est pas anticipée, une situation sanitaire exceptionnelle peut avoir des conséquences importantes au regard de sa sévérité, de sa durée (30 mois de pandémie au moment où ses lignes sont écrites !) et de son impact social et économique. Tous les secteurs essentiels à la vie de la nation (éducation, culture, transports, travail, commerce, tourisme, sécurité...) ont été impactés par un enjeu majeur, celui de sauver le plus de vies possible, à commencer celle des plus fragiles.

Au-delà du seul fait de comprendre, dans les premiers temps, les caractéristiques du virus et de la maladie, c'est bien une approche d'adaptation pan-sociétale qu'il a fallu mettre en œuvre rapidement et notamment à l'issue du premier déconfinement, puis des vagues successives de reconfinement liées à l'émergence de nouveaux variants.

Une démonstration de la nécessité de cette approche englobant toute la société et tous les secteurs d'activité se traduit sans doute dans la mise en place de mesures de contrôle sanitaire aux frontières. Particulièrement contraignantes, ces mesures visaient notamment à réduire le risque d'importation de cas, notamment de

nouveaux variants viraux. À défaut de pouvoir l'empêcher totalement, elles permettent de retarder de quelques semaines son introduction et une circulation active du nouveau variant sur le territoire national. Bénéficier d'un tel délai a son importance, puisque cela permet d'alerter et de préparer le système de santé et la société aux conséquences de la vague épidémique et ainsi d'en limiter les effets.

Pour autant, il ne faut pas méconnaître les risques liés à ces mesures : la fermeture des frontières est un obstacle aux exportations, ce qui entraîne des risques de pénurie en produits de santé et en équipements de protection. De même, les difficultés de circulation induites, notamment la réduction du trafic aérien, créent un risque sur les approvisionnements et sur l'acheminement des renforts en professionnels de santé entre les pays et territoires. Les agents des États mobilisés pour réaliser ces tâches ne sont dès lors plus disponibles pour assurer leurs missions de routine dans les domaines des transports, de la sécurité ou de la santé.

L'impact de ces mesures comme celui des confinements n'avaient pas été suffisamment anticipés. Ont ainsi été mis en lumière les enjeux cruciaux de souveraineté nationale et européenne sur le plan de la production d'éléments critiques et essentiels à la préservation de l'état de santé des populations, sans pour autant renier les principes d'équité et de solidarité entre les pays et entre les peuples.

Alors, comment concilier la réponse de proximité, qui est nécessaire et est la mission première des États au service de leurs populations, et la réponse globale ? Cela passe probablement par une intrication plus étroite entre les différents niveaux décisionnels à même d'apporter une réponse : instaurer des liens toujours plus étroits entre les professionnels de la santé de ville et de l'hôpital et les acteurs territoriaux de l'État (ARS, préfectures), nécessité d'un travail intersectoriel renforcé au niveau des ministères afin de prendre en compte les enjeux de tous les secteurs d'activité, développer la coopération au sein de l'Union européenne au travers de l'action de ses agences et de ses autorités (Health Security Committee, HERA, E CDC, EMA), puis l'étendre à l'ensemble du continent dans une approche pan-européenne recouvrant la région Euro et, sous l'égide de l'Organisation mondiale de la santé, travailler avec l'ensemble des États membres de cette organisation dans une approche multilatérale, laquelle doit être au centre de l'action de celle-ci.

Les enjeux pour demain

Dans les mois et les années qui viennent, les hommes et les femmes qui, à tous les échelons et dans tous les territoires, auront à gérer la crise, vont à terme évoluer dans leur vie, dans leur carrière. Certains vont changer d'activité, d'autres partiront à la retraite. Au-delà de l'exercice imposé du retour d'expérience, le véritable enjeu, pour ne pas dire le premier critère de réussite de l'après-crise, réside dans notre capacité collective à capitaliser sur les acquis tirés de cette crise et à en conserver la mémoire. Cela passera par une culture

institutionnelle partagée de la préparation aux crises et de l'adoption en routine du triptyque déjà évoqué précédemment. Chaque crise doit être l'occasion d'un retour d'expérience, non seulement pour coucher sur le papier ce qui a fonctionné ou non, et donc les axes d'amélioration, mais aussi pour élaborer des plans d'action pour capitaliser sur les innovations issues de ces crises dans une logique d'amélioration continue. La formation des futurs cadres des différents États à la gestion de crise est aussi un enjeu pour la transmission de ce qui aura été appris des crises précédentes. À cet égard, les organisations internationales, au premier rang desquelles figurent l'OMS et son académie aujourd'hui localisée à Lyon, ont un rôle majeur à jouer.

Nous devons aussi accepter collectivement la réalité et nous préparer à relever le défi de crises multifactorielles plus fréquentes, plus intenses, plus sévères et plus complexes à traiter. La crise pandémique n'en est qu'un symptôme aigu : le risque d'événements sanitaires majeurs augmente année après année. Pour y répondre, il va falloir apprendre à résoudre l'équation particulièrement complexe résultant de la contradiction apparente entre les solutions qui s'imposent pour répondre aux défis radicaux du changement climatique et de ses conséquences, aux enjeux économiques d'équité et d'accès à la santé dans toutes ses dimensions, pour favoriser l'accès aux soins primaires et la prévention pour tous et toutes et partout dans un souci d'équité à travers le développement de contre-mesures face aux pandémies grâce à des transferts de technologies.

Ces défis ne pourront à l'évidence être relevés que dans un cadre d'action global et multilatéral qui reste en constante construction, où les premières discussions sur la négociation d'un futur accord sur la lutte contre les pandémies représentent une forme ultime de retours d'expérience sur la crise. Mais, surtout, ils ne pourront être relevés qu'avec l'adhésion et le concours actif des populations, qui s'opèreront au travers du rôle là aussi encore à bâtir que joueront les élus et les associations aux côtés des experts, pour éclairer les décisions parfois drastiques que les crises de l'ampleur de la pandémie de Covid-19 requièrent.

Comprendre les aspirations des citoyens en temps de crise, mais aussi bâtir un consensus et assurer un contrôle de l'action de l'État, sans, *de facto*, empêcher celle-ci, est sans doute le plus grand des défis sur le plan démocratique et la clé d'une gestion sereine, et donc réussie des crises futures.

Propos introductifs au chapitre « Le numérique et les données »

Par Jean-Luc LAURENT

Ingénieur général des Mines honoraire

La série *Enjeux numériques* des *Annales des Mines* a consacré son numéro de juin 2021 à la réponse numérique apportée à la crise sanitaire.

Avec l'autorisation du président du comité de rédaction de cette série, Jean-Pierre Dardayrol, le présent numéro sur la crise sanitaire comporte lui aussi un chapitre consacré aux enjeux numériques de la crise.

Confinés, les Français ont passé beaucoup de temps en ligne, les rendant plus vulnérables à la propagation de rumeurs *via* les réseaux sociaux. Mais le numérique a aussi été mobilisé pour faire face à la maladie, suivre son évolution, réaliser des simulations pour pronostiquer ses évolutions possibles, selon divers scénarios. Le numérique a donc été source de problèmes, mais aussi, très largement, de solutions.

Faire l'école à la maison, se faire vacciner, mais aussi consulter ses droits, s'informer..., l'accès à Internet s'est très vite révélé indispensable dans notre quotidien durant la crise et, plus particulièrement, lors des confinements. En accentuant notre dépendance aux démarches en ligne et en retardant plus encore le déploiement de la couverture très haut débit du territoire, le confinement a par ailleurs renforcé les inégalités dans l'accès au numérique en France.

Le déploiement, dans des temps records, de nombreux outils numériques, dont la célèbre application TousAnti-Covid, a permis au secteur de la santé d'afficher une mobilisation sans précédent contre la pandémie de Covid-19... Et d'accélérer le virage vers le numérique. La crise sanitaire a été un accélérateur de la numérisation du secteur de la santé.

Pour contrer les effets de la pandémie de Covid-19, les outils numériques ont donc été spontanément et massivement mobilisés.

Il convient d'observer que la plupart des périodes de crise accentuent des tendances émergentes ou sous-jacentes, c'est notamment le cas dans le domaine du numérique. La transformation numérique s'étant déjà accélérée ces dernières années, la crise sanitaire ne semble qu'avoir précipité cette tendance. Elle a révélé la valeur du numérique, c'est-à-dire permettre aux entreprises de renforcer leur résilience. Au fil des ans, le numérique et le mobile se sont imposés dans notre vie ; une tendance qui s'est considérablement accrue aujourd'hui.

L'Arcep a publié les résultats de son baromètre du numérique 2021. Ceux-ci montrent que la pandémie de Covid-19 et les mesures de confinement ont favorisé certains usages, comme les achats en ligne. De même, un nombre croissant de personnes sont équipées d'un *smartphone*, d'un ordinateur ou d'une tablette ; des appareils qui sont utilisés pour rester en contact avec leurs proches, télétravailler ou faire l'école à la maison.

Il nous a donc semblé important de traiter de divers aspects qui n'ont pas été abordés dans le numéro de juin 2021 d'*Enjeux numériques*, comme :

- la diffusion massive de *fake news* sur les réseaux sociaux et leur influence sur les comportements ;
- la mesure, l'estimation et les représentations de la maladie qu'est la Covid-19 ;
- l'intérêt et les limites de la modélisation pour le suivi des épidémies ;
- la façon dont la crise a pu être une opportunité pour accélérer le déploiement du numérique ;
- l'organisation et le *monitoring* des capacités hospitalières en période de crise ;
- la surveillance épidémiologique par des techniques numériques ;
- la simulation des évolutions possibles de l'épidémie en fonction de divers scénarios.

Ne pouvant prétendre à traiter tous les aspects de la question numérique dans ce chapitre, nous nous sommes limités à n'en éclairer que certains.

Ainsi, ce chapitre ne traite ni de l'évolution de notre société numérique qui a été accélérée par la crise, ni du numérique révélateur d'exclusions, ni du rôle proprement dit du numérique dans le secteur de la santé. Ces trois thématiques auraient sans doute justifié un numéro complet.

Pour en avoir une vision plus complète, on pourra notamment se reporter à l'étude de l'OCDE de 2021 : « La transformation numérique à l'heure du Covid-19 » (<https://www.oecd.org/fr/numerique/transformation-numerique-covid.pdf>).

Nous souhaitons remercier ici les auteurs pour avoir bien voulu traiter de thématiques qui n'étaient pas toutes stabilisées au moment de la remise de leurs articles à la mi-juin 2022.

Nous vous souhaitons une bonne lecture des articles composant ce chapitre.

Mésinformation et comportements en santé dans le contexte de la pandémie de Covid-19

Par Edmond BARANES, Marlène GUILLON et Pauline KERGALL

Montpellier Recherche en économie (MRE), Université de Montpellier

Le développement d'Internet et des réseaux sociaux a facilité la diffusion de l'information, mais il a également contribué à la polarisation des communautés en ligne, favorisant ainsi la propagation des théories complotistes. La crise de la Covid-19 a en particulier conduit à une « infodémie », c'est-à-dire à une surabondance d'informations rendant difficile l'identification des informations fiables, la circulation de fausses informations ayant parfois des conséquences sanitaires dramatiques. Plusieurs études ont mis en avant une association négative entre croyances conspirationnistes et adhésion aux mesures de protection adoptées face à la Covid-19. La lutte contre la mésinformation apparaît donc cruciale, en particulier en période de pandémie. Elle nécessite que le régulateur public travaille en collaboration avec les plateformes digitales et les médias sociaux, au vu des enjeux financiers pour ces derniers, afin de trouver des solutions pérennes pour limiter la circulation des fausses informations.

Diffusion de l'information sur Internet

Le développement d'Internet et des réseaux sociaux s'est accompagné d'un accès à l'information facilité pour le grand public et d'une augmentation de la vitesse de circulation des informations. Un nombre toujours plus important de personnes s'informent *via* Internet et les réseaux sociaux, y compris dans le domaine de la santé. Ainsi, au cours du mois de janvier 2020, près de 14 millions d'utilisateurs avaient cherché des informations en santé sur le forum « Doctissimo » (Benazeth *et al.*, 2020). En France, le mot « coronavirus » était en tête du classement des tendances de l'année 2020 (Google Trends, 2020).

On comprend ainsi aisément l'importance de la qualité des informations disponibles sur Internet et l'enjeu qui se structure autour de la mésinformation sur les plateformes numériques. Le Forum économique mondial (ou Forum de Davos) a placé le danger d'une désinformation digitale massive au cœur des risques technologiques et géopolitiques actuels (Howel, 2013).

L'homophilie, qui désigne la tendance des individus à fréquenter et à apprécier la compagnie d'individus présentant les mêmes caractéristiques sociales ou affichant les mêmes valeurs, est un phénomène particulièrement marqué sur les réseaux sociaux. De façon générale, les individus tendent à s'entourer de per-

Évolution de l'intérêt pour cette recherche ?

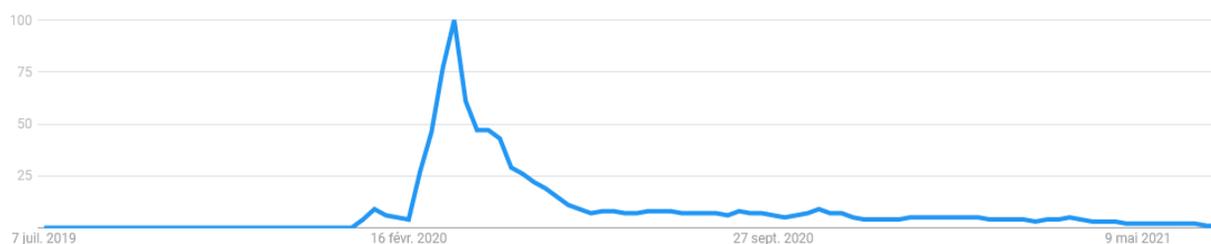


Figure 1 : Évolution des tendances de recherche pour le mot « coronavirus » sur Google du 1^{er} juillet 2019 au 1^{er} juillet 2021 (capture d'écran : Google Trends <https://www.google.com/trends>).

sonnes aux opinions similaires, notamment en raison du biais cognitif de confirmation qui pousse chaque individu à prendre prioritairement en considération les informations confirmant ses idées préconçues. Ce phénomène entraîne la création de « bulles sociales » et génère une forte polarisation des opinions au sein de communautés homogènes (Del Vicario *et al.*, 2016). Plusieurs études, dont celles de Douglas *et al.* (2019) et de Del Vicario *et al.*, (2019), ont pointé l'importance de la polarisation des communautés sur Internet pour comprendre et expliquer la dynamique de diffusion des croyances conspirationnistes.

Une étude menée par Vosoughi *et al.*, (2018) s'est intéressée à la diffusion des vraies et fausses informations sur Twitter entre 2006 et 2017. Cette étude a montré que les fausses informations se diffusent plus largement et plus rapidement que les informations véridiques dans tous les domaines étudiés, en particulier dans le domaine politique. Ainsi, une fausse information diffusée sur Twitter peut impliquer jusqu'à 100 000 individus contre 1 000 pour une information véridique. La diffusion potentiellement plus rapide des infox est d'autant plus problématique qu'il a été montré que l'exposition répétée à une fausse information augmente sa crédibilité (Dechene *et al.*, 2010). Cependant, la littérature concernant la diffusion des vraies et fausses informations n'est pas unanime ; ainsi, d'autres études ont mis en avant des rythmes de diffusion similaires pour les informations véridiques et celles erronées. La relation ambivalente entre la véracité d'une information et son rythme de diffusion a été confirmée par l'étude de Pulido *et al.* (2020). Cette étude a montré que les fausses informations étaient davantage « twittées », tandis que les informations scientifiques véridiques étaient davantage « retwittées ».

Impact de la mésinformation dans le domaine de la santé

Les fausses informations et croyances conspirationnistes dans le domaine de la santé sont particulièrement problématiques du fait des conséquences sanitaires qu'elles peuvent générer. Le premier exemple marquant de l'impact négatif de la désinformation dans le domaine de la santé est lié à la publication à la fin des années 1990 d'une étude frauduleuse dans *The Lancet* (Wakefield *et al.*, 1998) mettant en avant un lien entre la vaccination contre la rougeole et l'autisme. Bien que tout lien ait été par la suite réfuté par la communauté scientifique, cette fausse croyance s'est rapidement répandue entraînant la multiplication des cas de rougeole dans les pays à revenu élevé, dont la France. La désinformation dans le domaine sanitaire ne se limite pas à la vaccination. De nombreuses fausses informations ont également circulé sur le VIH et ses modes de transmission depuis les années 1980, certains affirmant même que le VIH aurait été inventé pour tuer les personnes noires (Thomas et Quinn, 1993). Les traitements antirétroviraux ont aussi été au cœur de nombreuses croyances conspirationnistes, réduisant alors l'adhésion de certains patients à ces traitements avec de graves conséquences sur leur santé (Bogart *et al.*, 2010).

L'incertitude et la complexité liées à la crise de la Covid-19 ont conduit à l'apparition de nombreuses théories du complot à son sujet. En effet, la littérature a montré que les croyances conspirationnistes tendent à prendre de l'ampleur dans les situations de crise (Van Prooijen et Douglas, 2017). La pandémie de Covid-19 a également mis en lumière le phénomène d'« infodémie », c'est-à-dire une surabondance d'informations qui rend difficile l'identification des informations fiables. Depuis février 2020, face au grand nombre des fausses informations circulant sur les médias sociaux, et parfois traditionnels, la population a parfois été mésinformée. Très vite, l'épidémie est devenue un sujet majeur, charriant un flot d'informations très important duquel des fausses informations ont rapidement émergé. Un sondage réalisé en mars 2020 sur un échantillon représentatif de la population française révélait, par exemple, qu'un quart des personnes interrogées pensait que le virus avait été créé en laboratoire (Ifop, 2020). Dans une autre enquête réalisée en novembre 2020, plus de 10 % des Français interrogés pensaient qu'il existait un lien entre la Covid-19 et le déploiement de la 5G (Guillon et Kergall, 2020). Si la littérature n'a pas mis en avant de lien clair entre la croyance en des théories conspirationnistes et l'âge ou le sexe, certaines études ont montré une plus forte adhésion aux théories complotistes chez les personnes avec un faible niveau de confiance dans les autorités, présentant certains traits de personnalité (impulsivité, narcissisme) ou ayant une utilisation des réseaux sociaux à des fins d'information (Van Mulukom *et al.*, 2022).

Les fausses informations et théories conspirationnistes circulant au sujet de la Covid-19 ont parfois entraîné des conséquences sanitaires dramatiques. La diffusion de fausses informations sur les vertus préventives et curatives de certaines substances a, par exemple, conduit à des décès liés à l'automédication avec du phosphate de chloroquine destiné au nettoyage des aquariums aux États-Unis ou à l'absorption de méthanol en Iran (Rathore et Farooq, 2020). Au-delà de ces incidents, de nombreuses études scientifiques ont été menées depuis le début de la pandémie pour étudier le lien entre fausses informations et comportements de prévention face à la Covid-19. Plusieurs études menées dans des contextes géographiques et culturels variés ont mis en avant une association négative entre les croyances conspirationnistes et l'adhésion aux recommandations de distanciation sociale (Freeman *et al.*, 2020 ; Oleksy *et al.*, 2020 ; Kowalski *et al.*, 2020 ; Coroiu *et al.*, 2020). En matière vaccinale, les études disponibles ont établi que la diffusion de fausses informations et l'exposition à la mésinformation constituaient des barrières à la vaccination contre la Covid-19 partout dans le monde, notamment en Amérique (Loomba *et al.*, 2021 ; Ruiz et Bell, 2021) et en Europe (Bertin *et al.*, 2020 ; Guillon et Kergall, 2021 ; Dordevic *et al.*, 2021).

Comment lutter contre la mésinformation

Afin de lutter contre cette infodémie et la prolifération de fausses informations sur les médias sociaux, et

parfois traditionnels, plusieurs campagnes de communication ont vu le jour. Ainsi, la Commission européenne et l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (Unesco) ont mis en avant le *hashtag* #PenserAvantDePartager (#ThinkBeforeSharing, en anglais) et ont créé de nombreux supports de communication pour expliquer le fonctionnement des théories du complot, les clés pour les reconnaître, leurs possibles conséquences et les bons réflexes à adopter afin de lutter contre la désinformation. En novembre 2020, l'OMS a également lancé le programme de formation Infodemic management incluant des modules sur les outils de vérification des rumeurs et des informations sur la manière de ralentir la propagation des fausses informations. Cependant, ces campagnes d'information ne peuvent suffire à elles seules pour lutter efficacement contre les fausses informations. En effet, le phénomène de polarisation sur les plateformes d'échange en ligne a généré la constitution de groupes utilisant des vocabulaires et des façons de s'exprimer totalement différents, rendant ainsi l'exercice de « fact-checking » inopérant. Lutter contre la polarisation sur les différentes plateformes digitales apparaît donc crucial afin de réduire la diffusion des fausses informations. Les politiques en la matière sont néanmoins susceptibles de se heurter aux intérêts économiques des plateformes pour lesquelles la polarisation génère un engagement plus élevé et des revenus publicitaires plus importants. Il est donc nécessaire pour le régulateur public de travailler en collaboration avec ces plateformes afin de trouver des solutions pérennes pour limiter la circulation des fausses informations. Depuis le début de l'année 2019, certaines initiatives ont vu le jour, telles que la réduction de la visibilité de groupes ou d'administrateurs de pages Facebook se livrant à la désinformation au sujet de la rougeole ou encore la démonétisation sur YouTube des vidéos promouvant un discours anti-vaccination (Pertwee *et al.*, 2022). Cependant, ces initiatives sont encore insuffisantes et il a été estimé que les comptes anglophones anti-vaccination rapportent près d'un milliard de dollars américains par an aux différentes plateformes (Center for Countering Digital Hate, 2020).

Par ailleurs, il a été montré à la suite de l'ouragan Sandy qui a ravagé une partie des États-Unis, que les informations postées au début d'un événement catastrophique de ce type ont une vitesse de diffusion nettement plus élevée que celles diffusées *a posteriori* lorsque le flux d'informations est plus important, soulignant ainsi le rôle clé des premières informations diffusées en temps de crise (Yoo *et al.*, 2016). Développer des outils et des solutions en temps réel pour détecter le plus rapidement possible les fausses informations est donc d'une importance majeure dans la lutte contre la désinformation. Dans ce cadre, les agences de santé publique et organes de décision doivent agir pour développer et organiser leur présence sur les plateformes digitales en créant, par exemple, des équipes dédiées chargées d'identifier et de répondre aux publications sur les médias sociaux comportant de fausses informations (French *et al.*, 2020). Enfin, il a été démontré que les personnes qui adhèrent à une théorie conspirationniste sont plus susceptibles de croire en d'autres croyances complotistes, même si celles-ci ne sont pas directement

connectées (Wood *et al.*, 2012). Combattre toutes les formes de désinformation est donc essentiel pour créer des synergies dans les campagnes de lutte contre les fausses informations dans différents domaines, comme la santé ou le réchauffement climatique.

Le *workshop* Fighting Fakes News organisé fin 2017 par l'Information Society Project à l'École de droit de l'Université de Yale a permis de faire émerger différents leviers utilisables par les acteurs publics et privés pour lutter plus efficacement contre la désinformation (Baron et Crotofof, 2017). Si le rétablissement de la confiance dans les institutions démocratiques apparaît indispensable, il n'existe malheureusement pas de solution facile et globale permettant de résoudre rapidement l'ensemble des problèmes associés à la désinformation. La mise en œuvre de moyens de régulation directs ou indirects sur les différents segments du marché de l'information peut toutefois aider. Du côté du grand public « consommateur » d'informations, des programmes de formation visant à développer une appréhension critique et une démarche de vérification systématique de l'information pourraient être développés dans l'enseignement primaire, secondaire et supérieur, comme cela est le cas en Finlande (Pertwee *et al.*, 2022). Du côté des distributeurs de contenus, notamment des médias traditionnels et digitaux de masse, la mise en place de normes telles que l'utilisation de titres reflétant précisément le contenu des articles ou la lutte contre les appâts à clics sont des moyens d'action possibles. En matière de régulation, des systèmes d'accréditation pourraient être créés pour les créateurs et/ou distributeurs de contenus, tout en veillant à ce que cela ne favorise pas le contrôle de l'information par les gouvernements. Le développement de réglementations visant à favoriser le respect des conditions d'utilisation des plateformes *via* la délégation du contrôle de ces conditions à des tiers pourrait aussi être envisagé. La récente loi européenne, le Digital Service Act, visant à créer un espace numérique plus sûr participe à cette lutte contre la désinformation, avec, par exemple, l'obligation pour les plateformes de supprimer elles-mêmes les contenus illégaux sous peine de s'exposer à une amende¹. Les outils technologiques disponibles pourraient également être davantage mobilisés dans la lutte contre la diffusion des fausses informations, par exemple en utilisant plus largement la technologie Captcha pour empêcher les partages de *fake news* par des robots. Enfin, à cet arsenal réglementaire et technologique pourraient venir s'ajouter des incitations de marché ayant pour but de favoriser le journalisme au long court ou local, dans lequel la vérification des sources et des informations joue un rôle plus central que dans le journalisme d'information en continu.

Bibliographie

BARON S. & CROTOFOF R. (2017), *Fighting fake news*, Workshop report "The information society project", Yale Law School and the Floyd Abrams, March 7.

¹ <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2022/04/23/digital-services-act-council-and-european-parliament-reach-deal-on-a-safer-online-space/>

- BENAZETH A. L., MONTANÉ V., ADAM C., BLANC-BISSON C., DZERAVIASHKA P. & VINCENT Y. M. (2022), *Motivations of the Participants Who Post a Message in an Online Health Forum: A Qualitative and Quantitative Descriptive Study of the French Health Forum Doctissimo*.
- BERTIN P., NERA K. & DELOUVEE S. (2020), "Conspiracy beliefs, rejection of vaccination, and support for hydroxychloroquine: A conceptual replication-extension in the Covid-19 pandemic context", *Frontiers in psychology* 2471.
- BOGART L. M., WAGNER G., GALVAN F. H. & BANKS D. (2010), "Conspiracy beliefs about HIV are related to antiretroviral treatment nonadherence among African American men with HIV", *Journal of acquired immune deficiency syndromes* (1999) 53(5), 648.
- CENTER FOR COUNTERING DIGITAL HATE (2020), "The Anti-Vaxx Industry", <https://www.counterhate.com/anti-vaxx-industry>
- COROIU A., MORAN C., CAMPBELL T. & GELLER A. C. (2020), "Barriers and facilitators of adherence to social distancing recommendations during Covid-19 among a large international sample of adults", *PLOS ONE* 15(10), e0239795.
- DECHÈNE A., STAHL C., HANSEN J. & WÄNKE M. (2010), "The truth about the truth: A meta-analytic review of the truth effect", *Personality and Social Psychology Review* 14(2), pp. 238-257.
- DEL VICARIO M., BESSI A., ZOLLO F., PETRONI F., SCALA A., CALDARELLI G., QUATTROCIOCCI W. *et al.* (2016), "The spreading of misinformation online", *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(3), pp. 554-559.
- DEL VICARIO M., QUATTROCIOCCI W., SCALA A. & ZOLLO F. (2019), "Polarization and fake news: Early warning of potential misinformation targets", *ACM Transactions on the Web (TWEB)* 13(2), pp. 1-22.
- ĐORĐEVIĆ J. M., MARI S., VDOVIĆ M. & MILOŠEVIĆ A. (2021), "Links between conspiracy beliefs, vaccine knowledge, and trust: Anti-vaccine behavior of Serbian adults", *Social Science & Medicine* 277, 113930.
- DOUGLAS K. M., USCINSKI J. E., SUTTON R. M., CICHOCKA A., NEFES T., ANG C. S. & DERAVI F. (2019), "Understanding conspiracy theories", *Political Psychology* 40, pp. 3-35.
- FREEMAN D., LOE B. S., CHADWICK A., VACCARI C., WAITE F., ROSEBROCK L., LAMBE S. *et al.* (2020), "Covid-19 vaccine hesitancy in the UK: the Oxford coronavirus explanations, attitudes, and narratives survey (Oceans II)", *Psychological medicine*, pp. 1-15.
- FRENCH J., DESHPANDE S., EVANS W. & OBREGON R. (2020), "Key guidelines in developing a pre-emptive Covid-19 vaccination uptake promotion strategy", *International journal of environmental research and public health* 17(16), 5893.
- GOOGLE TRENDS (2020), <https://trends.google.com/trends/yis/2020/FR/>
- GUILLON M. & KERGALL P. (2021), "Factors associated with Covid-19 vaccination intentions and attitudes in France", *Public health* 198, pp. 200-207.
- HOWELL L. (2013), "Digital wildfires in a hyperconnected world", *WEF report*, 3(2013), pp. 15-94.
- IFOP (2020), « L'origine perçue du Covid-19 », sondage réalisé pour la Fondation Jean-Jaurès et l'Observatoire du conspirationnisme, 24-26 mars, méthode des quotas, https://www.jean-jaures.org/wp-content/uploads/drupal_fjj/redac/commun/productions/2020/2803/117275_rapport_covid_19.pdf
- KOWALSKI J., MARCHLEWSKA M., MOLENDAN Z., GÓRSKA P. & GAWĘDA Ł. (2020), "Adherence to safety and self-isolation guidelines, conspiracy and paranoia-like beliefs during Covid-19 pandemic in Poland-associations and moderators", *Psychiatry research* 294, 113540.
- LOOMBA S., DE FIGUEIREDO A., PIATEK S. J., DE GRAAF K. & LARSON H. J. (2021), "Measuring the impact of COVID-19 vaccine misinformation on vaccination intent in the UK and USA", *Nature human behaviour* 5(3), pp. 337-348.
- OLEKSY T., WNUK A., MAISON D. & ŁYŚ A. (2021), "Content matters. Different predictors and social consequences of general and government-related conspiracy theories on Covid-19", *Pers. Individ. Dif.* 168, 110289.
- PULIDO C. M., VILLAREJO-CARBALLIDO B., REDONDO-SAMA G. & GÓMEZ A. (2020), "Covid-19 infodemic: More retweets for science-based information on coronavirus than for false information", *International sociology* 35(4), pp. 377-392.
- RATHORE F. A. & FAROOQ F. (2020), "Information overload and infodemic in the Covid-19 pandemic", *J. Pak. Med. Assoc.* 70(5), S162-S165.
- RUIZ J. B. & BELL R. A. (2021), "Predictors of intention to vaccinate against Covid-19: Results of a nationwide survey", *Vaccine* 39(7), pp. 1080-1086.
- THOMAS S. B. & QUINN S. C. (1993), "The burdens of race and history on Black Americans' attitudes toward needle exchange policy to prevent HIV disease", *Journal of Public Health Policy* 14(3), pp. 320-347.
- VAN MULUKOM V., PUMMERER L. J., ALPER S., BAI H., ČAVOJOVA V., FARIAS J., ŽEZELJ I. *et al.* (2022), "Antecedents and consequences of Covid-19 conspiracy beliefs: A systematic review", *Social Science & Medicine*, 114912.
- VAN PROOIJEN J. W. & DOUGLAS K. M. (2017). "Conspiracy theories as part of history: The role of societal crisis situations", *Memory studies* 10(3), pp. 323-333.
- VOSOUGHI S., ROY D. & ARAL S. (2018), "The spread of true and false news online", *Science* 359(6380), pp. 1146-1151.
- WAKEFIELD A. J., MURCH S. H., ANTHONY A., LINNELL J., CASSON D. M., MALIK M., WALKER-SMITH J. A. *et al.* (1998), "RETRACTED: Ileal-lymphoid-nodular hyperplasia, non-specific colitis, and pervasive developmental disorder in children", *The Lancet* 351(9103), pp. 637-641.
- WOOD M. J., DOUGLAS K. M. & SUTTON R. M. (2012), "Dead and alive: Beliefs in contradictory conspiracy theories", *Social psychological and personality science* 3(6), pp. 767-773.
- YOO E., RAND W., EFTEKHAR M. & RABINOVICH E. (2016), "Evaluating information diffusion speed and its determinants in social media networks during humanitarian crises", *Journal of Operations Management* 45, pp. 123-133.

Mesure, estimation et représentations de la Covid-19

Par **Éric GUICHARD**

Maître de conférences HdR à l'Université de Lyon et chercheur au laboratoire Triangle de l'ENS de Lyon et du CNRS, et de l'IXXI

Et **Patrice ABRY**

Directeur de recherche au CNRS et chercheur au laboratoire de physique de l'ENS de Lyon et de l'IXXI

Comme nombre de chercheurs, nous avons mis nos savoirs au service de la lutte contre la Covid-19. Dès février 2020, nous avons produit des graphiques quotidiens afin de comparer l'évolution de la pandémie selon les pays. Nous avons aussi fédéré un réseau scientifique qui élaborait et documentait des analyses pertinentes.

Ensuite, nous avons conçu un outil qui estime au mieux le taux de reproduction de la pandémie dans les pays du monde et dans les départements français, en n'utilisant que le nombre des infections quotidiennes observées dans chaque territoire. Disposant de données de qualité limitée, notre modèle s'est focalisé sur la correction des erreurs, *via* des méthodes dites de « problèmes inverses ». Bien qu'il ne permette d'estimer que le taux de reproduction du jour, notre outil permet une évaluation de tendance à court terme.

Enfin, pour analyser au mieux l'évolution spatiale et temporelle de la pandémie, nous avons réalisé une carte animée et interactive intégrant la production de graphiques permettant la comparaison entre deux pays. Nous concluons cet article en abordant quelques pistes épistémologiques.

Premiers journaux

Dès janvier 2020, circulait dans les milieux scientifiques l'hypothèse d'une pandémie mondiale à venir. Ce qu'officialisa l'OMS, le 11 mars 2020, puis la France, qui décida d'un confinement généralisé le 17 mars.

Les premières « données » relatives à la pandémie étaient présentées de façon anxiogène : le site de l'Université Johns Hopkins (<https://systems.jhu.edu>) affichait une carte du monde avec d'énormes cercles rouges sur fond noir pour signaler les morts de la Covid-19. Sur le site <https://coronavirus.politologue.com>, l'accroissement du nombre total des morts et des confirmés semblait exponentiel.

Pour lutter contre cette tendance, nous avons décidé de représenter sous forme d'un graphique le nombre quotidien (et non cumulé) de décès rapporté à la population du pays considéré. Les pays étaient regroupés par lots de quatre à six pays voisins pour faciliter les comparaisons entre eux. Ces graphiques étaient commentés dans un journal diffusé en ligne de façon automatisée, publié tous les matins, il intégrait aussi des notes méthodologiques et des références issues du

Web. Le premier journal a été publié le 26 février 2020, son automatisation a été achevée le 27 mars.

Ces journaux¹ diffusent rapidement des résultats qui sont peu évoqués : l'Espagne s'avère plus menacée que l'Italie ou la France, et ce dès le 20 mars (voir la Figure 1 de la page suivante) ; ou encore, sont mises en avant les difficultés des pays à organiser un recensement rigoureux des décès, avec parfois des « morts négatifs ». Ces journaux nous ont aidé à construire un débat au sein de l'Institut rhônalpin des systèmes complexes – IXXI (<http://www.ixxi.fr>) – et une liste de discussion, theuth@listes.univ-rennes1.fr. Ils nous ont incités à participer au débat public² et à développer des contacts avec les Académies³. Ces échanges nous ont alors amenés à inventer des indicateurs permettant de prévoir l'évolution de la pandémie.

¹ Ils sont toujours fonctionnels. Voir : <http://barthes.enssib.fr/coronavirus>

² Voir l'article co-écrit avec Pierre-Antoine Chardel et Valérie Charolles, du 11 mai 2020, <https://www.revuepolitique.fr/stopcovid-une-application-problematique-sur-le-plan-ethique-et-politique>

³ Voir l'article de Mireille Delmas-Marty, <https://academiesciences.moralesetpolitiques.fr/2020/05/14/mireille-delmas-marty-stopcovid-une-application-democratiquement-fragile>

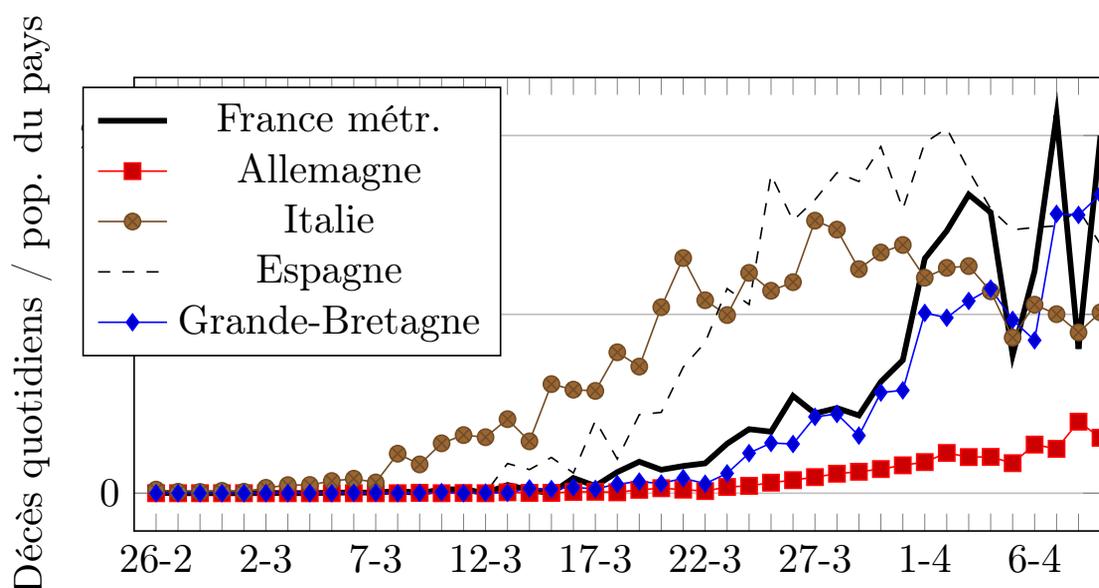


Figure 1 : Le taux de mortalité en Espagne dépasse celui de l'Italie, à la date du 20 mars. On constate les errances des recensements réalisés dans les différents pays (réalisée par É. Guichard).

Estimer le taux de reproduction de la pandémie

Pour analyser une pandémie, sont souvent utilisés des « modèles à compartiments », dont l'exemple SIR (individu Susceptible d'être sain, Infecté, guéri (correspondant à R pour Recovered) constitue la référence. Ces modèles sont surtout efficaces *a posteriori* et sont peu utilisables lorsque l'on dispose de données de qualité limitée, comme ce fut le cas avec la Covid-19.

Le taux de reproduction de la pandémie, qui permet d'estimer au moment t le nombre d'individus qu'une personne infectée peut contaminer, noté $R_{(t)}$, est certes plus fruste, mais il rend bien compte de l'intensité de la pandémie au fil du temps : ainsi, plus $R_{(t)}$ se situe au-dessus de 1, plus la pandémie accélère ; plus il se rapproche de 0, plus elle ralentit.

Pour l'estimer, une dizaine de chercheurs de l'ENS de Lyon, en lien étroit avec l'IXXI, ont partagé leurs savoirs. Outre des points théoriques ardu à résoudre, leur souci principal était lié à la faible qualité et au petit nombre des données. Ces « données » étaient en outre fortement corrompues (données manquantes, valeurs aberrantes, comptes négatifs, réajustements rétrospectifs), des défauts variables selon les pays. Aussi se sont-ils focalisés sur le traitement des données aberrantes.

Une explication destinée au public éclairé de la méthode employée est disponible à l'URL suivante : <https://theconversation.com/comment-estimer-levolution-du-covid-19-malgre-des-donnees-de-contaminations-de-qualite-limitee-177777>. Sa version « technique » est accessible à : <https://hal.inria.fr/hal-02921836/document>

Le casse-tête des données

Si la situation d'urgence initiale pouvait expliquer la faible qualité des « données Covid » recensées par

les agences de santé publique, force est de constater que, plus de 24 mois après le début de la pandémie, cette qualité ne s'est guère améliorée. De plus, les organismes qui collectent ces données ne s'engagent pas tous à le faire sur le long terme. Par exemple, au début de notre travail, nous avons récupéré automatiquement auprès de l'European Centre for Disease Prevention and Control⁴ le nombre des nouvelles infections quotidiennes de plus de 200 pays du monde. Or, le 7 décembre 2020, cet organisme a, sans information préalable, choisi de dégrader l'information sous sa forme hebdomadaire.

Désormais, nous utilisons deux sources de données pour produire des estimations du $R_{(t)}$ concernant plus de 200 pays du monde et les 101 départements français :

- La première source est celle qui nous a servi à produire nos journaux automatisés : elle émane de la Johns Hopkins University, qui est devenue le centre de référence de la collecte quotidienne des données de plus de 250 pays et territoires, et ce dès les premiers jours de la pandémie. Les données sont disponibles peu après minuit, heure de New York.
- La seconde correspond au site de Santé publique France, qui publie depuis le 19 mars 2020, chaque jour vers 19 heures (heure française), des données hospitalières pour les 101 départements français : nouvelles infections ayant induit une entrée à l'hôpital, transferts en réanimation et décès survenus à l'hôpital⁵.

⁴ Voir, par exemple : <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/covid-19-geographic-distribution-worldwide.xlsx>

⁵ <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets>

Estimation de l'évolution spatio-temporelle du taux de reproduction de la Covid-19

Pour estimer le R_t nous n'utilisons que le nombre de nouvelles infections quotidiennes.

Le modèle épidémiologique relatif au taux de reproduction, R

Le modèle épidémiologique utilisé se fonde sur celui développé par Cori, Ferguson, Fraser et Cauchemez (2013) et reposant sur deux arguments principaux : 1) conditionné à la connaissance des nombres de nouvelles infections des jours passés, le nombre Z_t de nouvelles infections du jour t suit une loi de Poisson ; 2) ce paramètre dépend donc du nombre des infections des jours passés, mais aussi de la fonction sérielle d'intervalles ϕ_t et du taux de reproduction courant R_t que l'on cherche à estimer.

La fonction sérielle d'intervalles ϕ_t modélise la distribution des délais (aléatoires) entre la survenue des symptômes chez un sujet infecté et celle des symptômes chez ceux qu'il a contaminés (Cori, Ferguson, Fraser et Cauchemez, 2013 ; Obadia, Haneef et Boëlle, 2012 ;

Thompson *et al.*, 2019 ; Liu, Ajelli, Aleta, Merler, Moreno et Vespignani, 2018). Cette fonction ϕ est modélisée par une fonction Gamma, avec des paramètres correspondant à un délai moyen d'infection de 6,6 jours pour un écart-type de 3,5 jours et de forts risques d'une infection d'autrui dans un laps de temps de 3 à 10 jours après l'apparition des symptômes (Ma, Zhang, Zeng, Yun, Guo, Zheng, Zhao, Wang et Yang, 2020 ; Riccardo, Ajelli, Andrianou, Bella, Del Manso, Fabiani, Bellino, Boros, Urdiales, Marziano *et al.*, 2020 ; Guzzetta *et al.*, 2020). Ce modèle suggère de construire un estimateur du maximum de vraisemblance, qui se lit comme le rapport du nombre des infections du jour, Z_t , sur une moyenne des nouvelles infections observées au cours des jours passés, pondérées par la fonction ϕ .

Cette estimation obtenue à partir des données réelles relatives à la Covid-19 est illustrée par le graphique central de la Figure 2 (traits noirs) ci-dessous. Le taux de reproduction estimé est trop erratique pour être utilisable par qui souhaite surveiller l'évolution d'une épidémie.

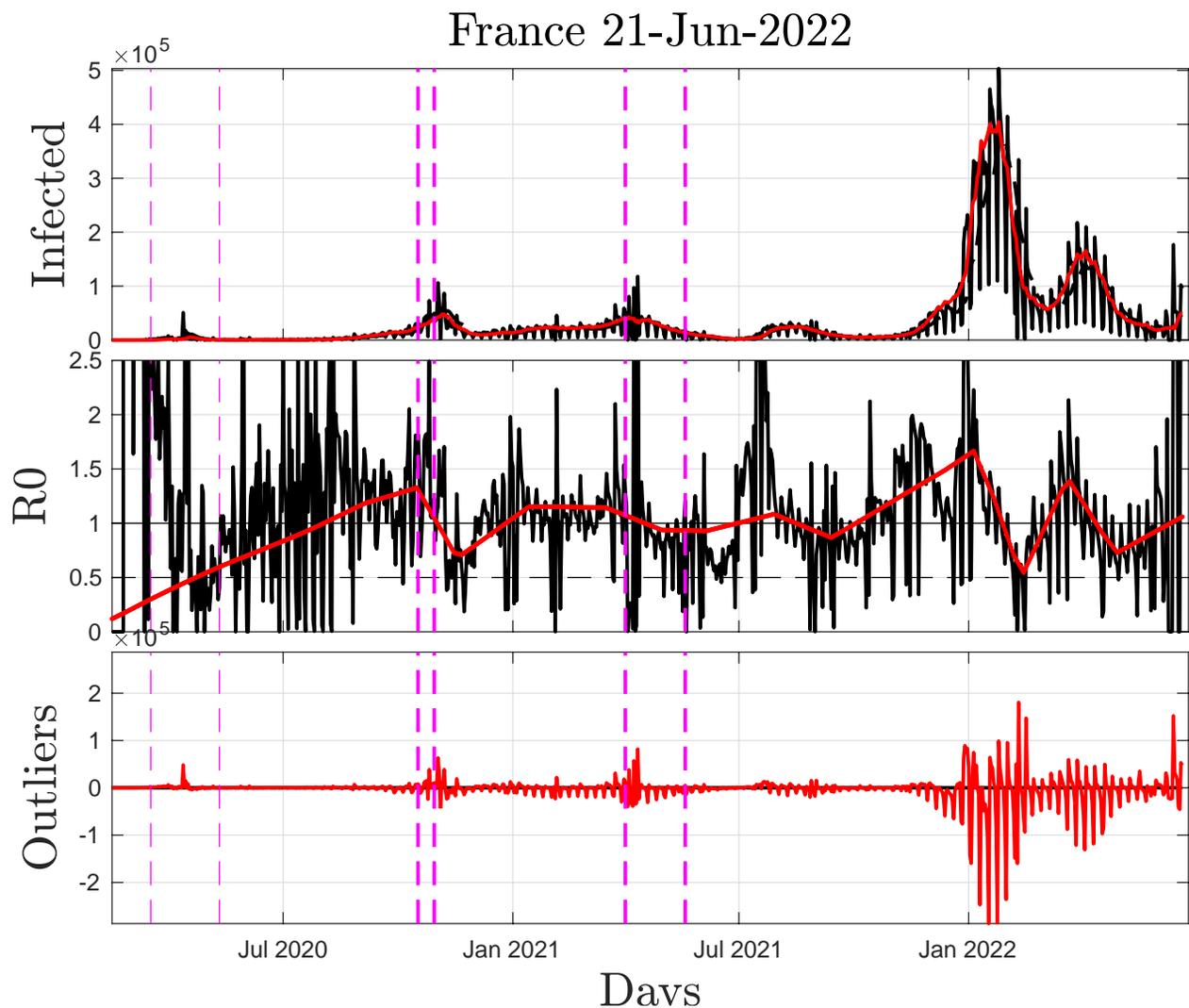


Figure 2 : Nouvelles infections et estimations du R_t pour la France au cours du temps – Source : Santé publique France.

Notes : Le graphique supérieur correspond aux nouvelles infections quotidiennes ; sur ce graphique, la ligne rouge pleine montre le décompte des nouvelles infections quotidiennes corrigé par application de notre méthode. Le graphique central restitue l'estimation par la méthode directe (en noir) et celle obtenue avec notre méthode (en rouge). Le graphique inférieur correspond à l'estimation de O_t , la corruption des données.

Estimation robuste du taux de reproduction pour un seul territoire

Nous avons alors décidé d'améliorer cette estimation (Abry, Pustelnik, Roux, Jensen, Flandrin, Gribonval, Lucas, Guichard, Borgnat et Garnier, 2020 ; Pascal, Abry, Pustelnik, Roux, Gribonval et Flandrin, 2021) à partir de la seule observation de Z_t . Pour cela, nous avons ajouté deux ingrédients clés.

Nous avons postulé que Z_t restait bien, conditionnellement au passé, modélisé par une loi de Poisson, dont les paramètres dépendaient en plus d'une quantité inconnue O_t , appelée outlier, qui modélisait une éventuelle corruption (quelle qu'en soit la nature) de l'observation Z_t des nouvelles infections enregistrées à la date t . Il s'agissait alors d'estimer chaque jour à la fois le taux de reproduction R_t et le nombre des données corrompues O_t .

Ensuite, en respectant le principe fondamental de la théorie de l'estimation, nous avons appliqué aux « données » le modèle épidémiologique, que nous avons assorti d'un ensemble de contraintes sur les estimées de R_t et O_t , notées \hat{R}_t et \hat{O}_t .

Les contraintes imposées à \hat{R}_t sont de deux ordres. D'abord, si R_t est positif ou nul, \hat{R}_t doit lui aussi l'être. Ensuite, R_t évoluant faiblement ou régulièrement au cours du temps, nous avons soumis \hat{R}_t à une évolution linéaire par morceaux, avec des points de raccord à des dates *a priori* inconnues.

L'absence de modèle commun à tous les pays nous a imposé d'adopter pour l'estimation \hat{O}_t de O_t une structure parcimonieuse : la corruption des données se produit à des dates isolées ; ces données sont quelconques et sans structure prédéfinie.

L'estimation de R_t et celle de O_t reposent alors sur l'écriture d'une fonctionnelle qui met en compétition l'adéquation des données au modèle et les contraintes imposées à \hat{R}_t et \hat{O}_t . Elle intègre deux hyperparamètres de régularisation qui permettent d'arbitrer l'importance relative de l'attache données-modèle et de celle des contraintes de régularité temporelle, de positivité et de parcimonie des outliers.

Nous avons montré dans deux études (Abry, Pustelnik, Roux, Jensen, Flandrin, Gribonval, Lucas, Guichard, Borgnat et Garnier, 2020 ; Pascal, Abry, Pustelnik, Roux, Gribonval et Flandrin, 2021) que notre fonctionnelle était convexe et non différentiable, qu'elle était efficacement minimisable grâce à des algorithmes itératifs à opérateurs proximaux (un outil enrichissant la traditionnelle descente de gradient) et qu'elle fournissait des estimées de R_t et de O_t robustes et fiables malgré la faible qualité des données disponibles.

L'estimation de R_t obtenue grâce à cette approche est illustrée (et comparée à celle obtenue par la méthode directe) par la Figure 2 de la page précédente, ainsi que celle obtenue pour O_t , laquelle représente la corruption quotidienne des données. On voit que l'estimation obtenue en recourant à cette approche est beaucoup plus régulière que l'estimée directe : elle évolue linéairement au cours du temps, sauf en quelques points de rupture ressortant des données et où la tendance

change. Cette approche, bien plus compatible avec une appréciation de la variation épidémique, permet donc une véritable surveillance de l'évolution de l'intensité de la pandémie.

Dans notre minimisation de la fonctionnelle, le réglage des hyperparamètres est un élément crucial. Logiquement, il devrait être fait pays par pays. Mais une analyse dimensionnelle de la fonctionnelle nous a permis de proposer un réglage commun à tous les pays et indépendant de la population considérée ou de l'intensité de la pandémie. L'estimation peut ainsi être mise à jour automatiquement et quotidiennement pour environ 200 pays grâce à un seul réglage d'hyperparamètres, qui est effectué par les auteurs de l'article.

Estimation du taux de reproduction pour des territoires connectés entre eux

Dans certains cas (notamment la France et ses départements), les territoires sont administrés par une même autorité et sont parfois voisins, quand ils ne sont pas très interconnectés. De tels territoires ne peuvent présenter des R très différents au titre d'une même journée. Nous avons alors imposé une contrainte de régularité spatiale aux estimées \hat{R}_t de ces territoires (typiquement *via* un graphe). Cette nouvelle fonctionnelle se minimise en recourant à la même stratégie que celle présentée précédemment. Elle facilite l'analyse spatiale de la pandémie.

Vers la prévision de l'évolution de la pandémie

Rappelons-le, notre approche permet de réaliser une estimation de R à une date courante et non une prévision de R dans le futur. Cependant, l'estimation linéaire par morceaux donne aussi la tendance, à la hausse ou à la baisse, de \hat{R}_t autour de la date courante. Cela est manifeste lorsque \hat{R}_t change de tendance, par exemple lorsqu'à une hausse succède à une baisse. Nous ne sommes donc pas dans une logique de *forecasting* (prévision), mais dans celle du *nowcasting* (estimation de tendance à court terme).

Cartographie de la Covid-19

Nous avons ensuite décidé de visualiser l'évolution spatiale et temporelle de la pandémie. Notre expérience tirée de l'exploitation des premiers journaux nous a aidés à concevoir des cartes animées, interactives et automatisées non seulement pour la France et ses départements, mais aussi pour les autres pays du monde. Nous présentons en page suivante la carte du monde, finalisée⁶, visualisable à l'URL suivante : <http://barthes.enssib.fr/coronavirus/cartes/prod/monde/monde.html> (voir la Figure 3 qui correspond à une copie d'écran de celle-ci).

Trois variables peuvent être mentionnées pour illustrer cette carte : le $R_{(t)}$ ⁷, le taux des infections confirmées du jour (pour 10 000 habitants) et le taux de mortalité Covid

⁶ L'atlas animé de la France sera disponible avant la fin de l'été 2022.

⁷ Pour le monde, il correspond à une estimation robuste issue de notre modèle général. Pour la France, le même taux est affiché, mais en intégrant la contiguïté territoriale.

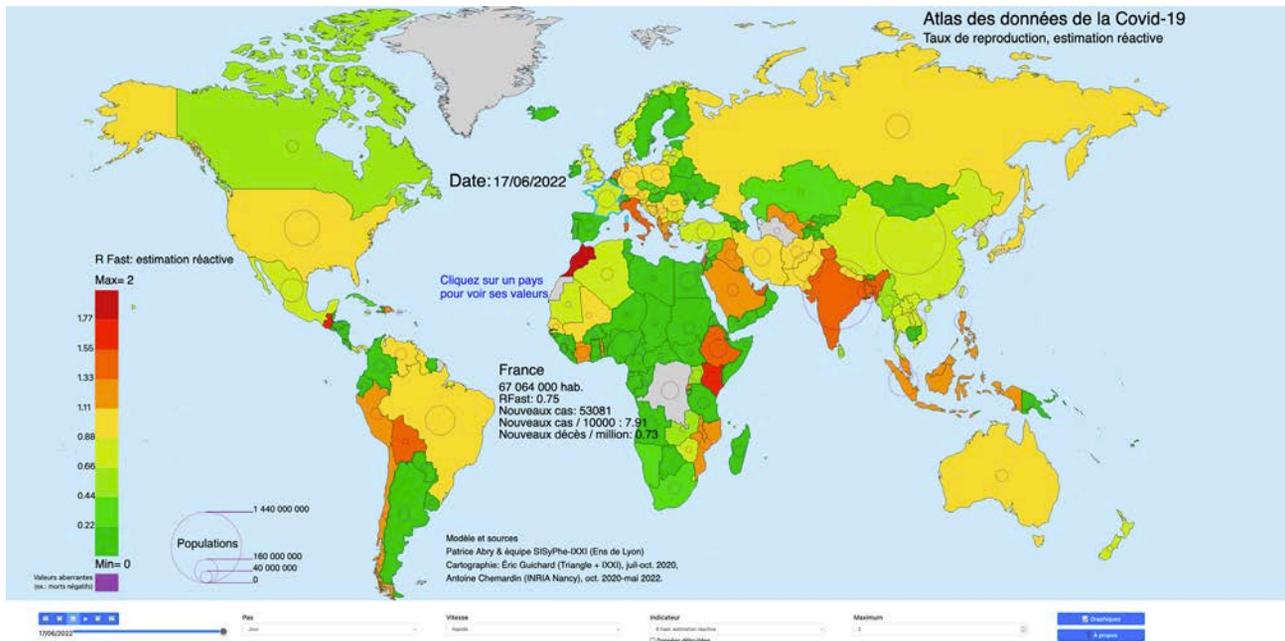


Figure 3 : Page d'entrée de l'atlas animé mondial de la Covid-19 (site géré par Antoine Chemardin).

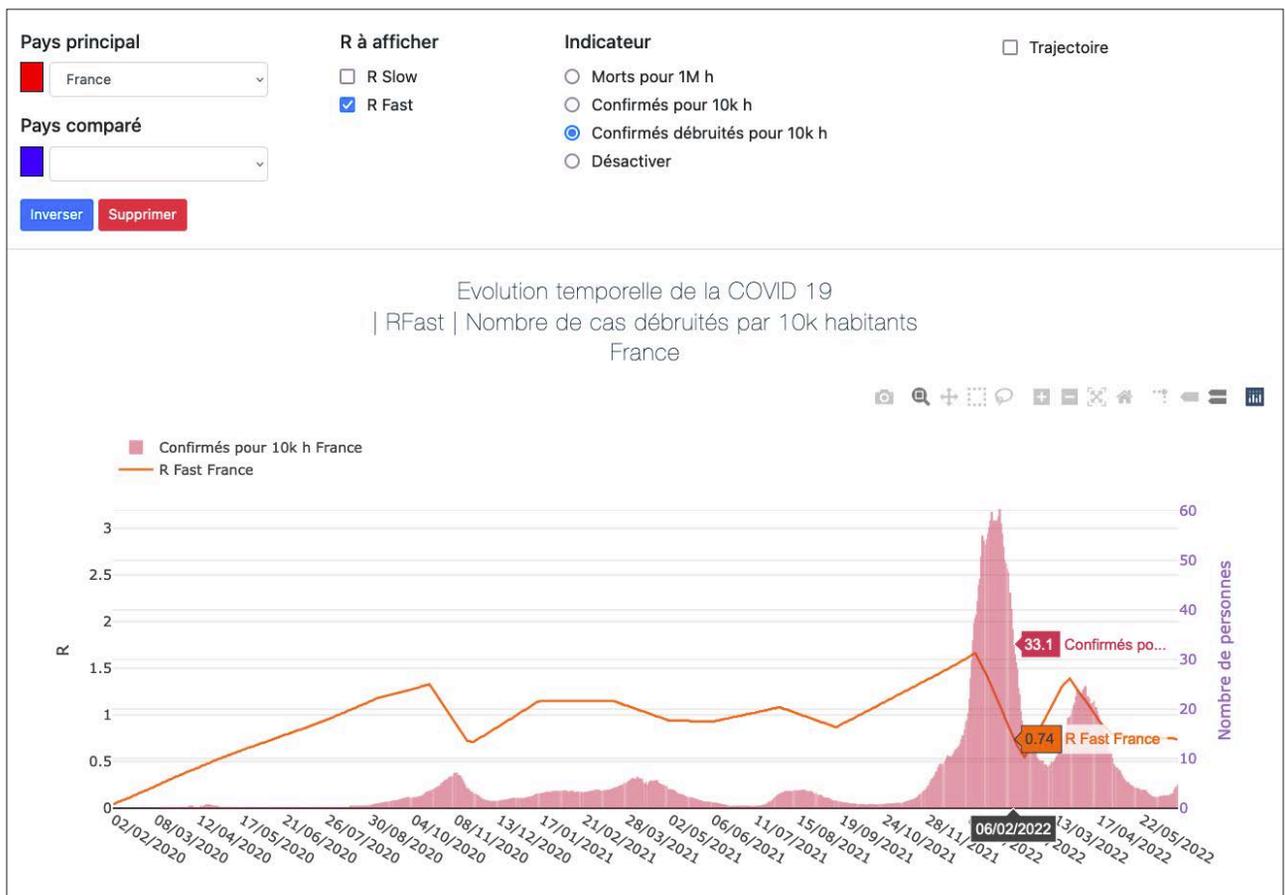


Figure 4 : Dans ce graphique, le lien entre évolution du $R(t)$ et celle du taux de confirmés est bien visible. Le survol d'un point du graphique fait s'afficher les informations relatives à ce point (création de É. Guichard, P. Abry et A. Chemardin).

du jour (pour un million d'habitants). Lorsque le curseur passe sur un pays, les valeurs des trois variables précitées sont affichées, ainsi que la population totale du pays et le nombre de nouveaux cas (absolus) détectés du jour.

L'animation de la carte se fait en déplaçant le curseur bleu jusqu'à la date désirée, puis en cliquant sur l'icône de lancement de la vidéo. On peut en choisir la vitesse, le pas (1 jour, 1 semaine ou 1 mois), l'arrêter à tout moment, etc.

Comme la valeur maximale de chaque variable est initialement prédéfinie (2 pour le $R_{(t)}$, 6 pour le taux de confirmés et 10 pour celui de la mortalité), nous l'avons rendu modifiable, ce qui peut apporter un confort de visualisation en cas de vague pandémique (trop de pays apparaissant en rouges pour le taux d'infections confirmées (la vague de janvier-février 2022) ou d'une décrue généralisée (trop de pays apparaissant en vert). La légende s'adapte alors au maximum choisi par l'utilisateur.

Avec une telle carte et les paramètres associés, il est alors aisé de suivre pas à pas l'évolution mondiale de la

fections confirmées ; ce que montre la copie d'écran correspondant à la Figure 4 située en page précédente.

Nous espérons que ces cartes et les documents qui les complètent aideront le public éclairé à mieux comprendre la pandémie, à en repérer les moments marquants et à se familiariser avec le $R_{(t)}$ pour construire des raisonnements étayés. Pour les experts, nous avons ajouté un graphe de l'espace des phases, qui apporte un éclairage sur la structure des « vagues » (voir la Figure 5 ci-dessous).

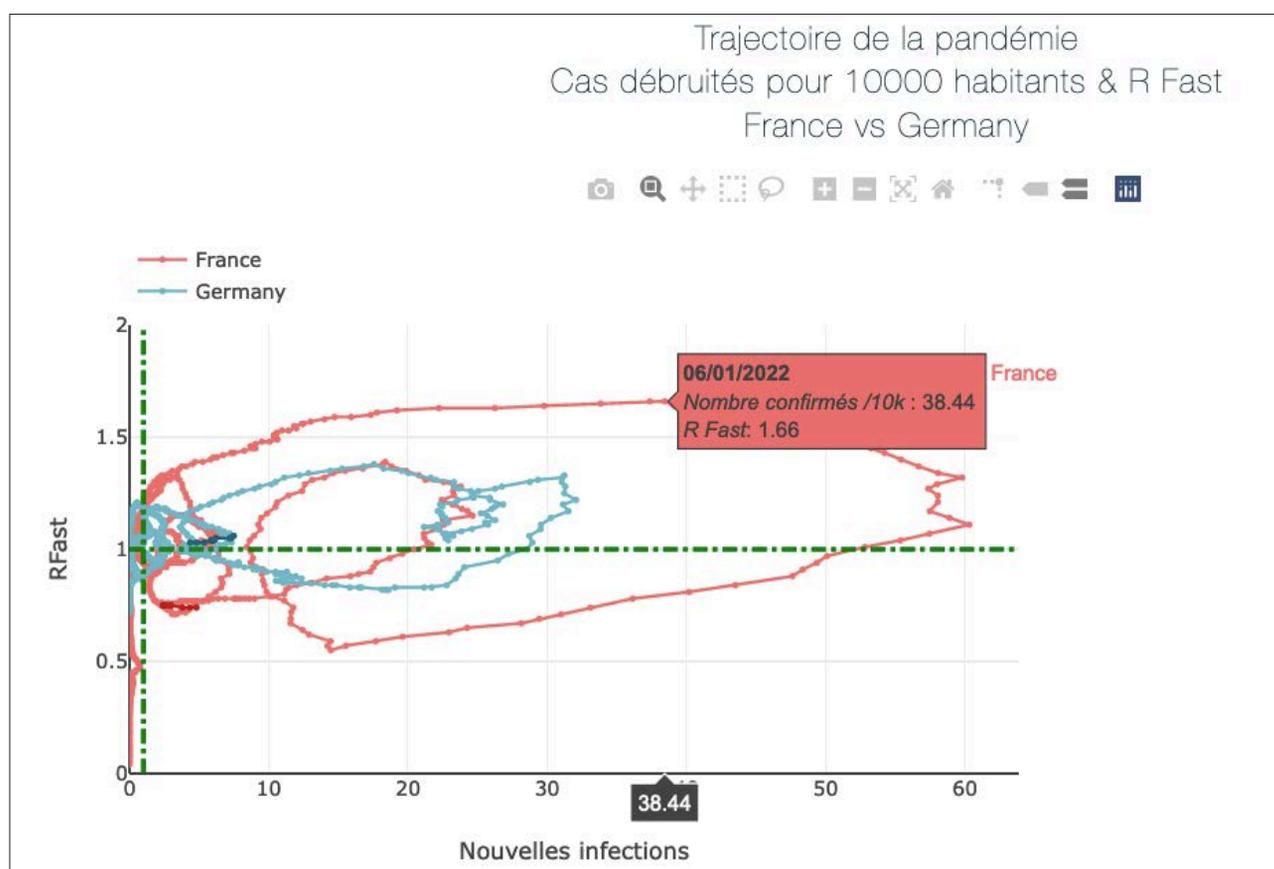


Figure 5 : L'option Trajectoire permet de visualiser les vagues de la pandémie. Les pays ici décrits sont la France (en rouge) et l'Allemagne (en bleu) (création de É. Guichard, P. Abry et A. Chemardin).

pandémie, de repérer ses déplacements d'un continent à l'autre, les pays fortement menacés, etc. Un bouton « À propos » précise les sources, les méthodes et les liens avec les sites de données qui sont à l'origine de la réalisation de notre modèle et de la carte.

Pour autant, une fois la pandémie « domestiquée » (meilleure connaissance de celle-ci, découverte et diffusion de vaccins, etc.), cette carte s'avère plus informative qu'analytique. Par exemple, elle n'affiche pas le nombre des morts enregistrés au début de l'épidémie quand nous nous focalisons sur des temps plus récents. Pour remédier à ce type d'inconvénients et faciliter les comparaisons entre les pays, nous l'avons complétée de graphiques *ad hoc*, visualisables *via* le bouton « Graphiques ». S'affichent alors directement le $R_{(t)}$ et la variable choisie, par exemple les taux d'in-

Conclusion

À l'instar des journaux, ces cartes traduisent des préoccupations sociales. Elles sollicitent aussi le *design* et l'informatique, sans oublier les compétences mathématiques et physiques pour modéliser le $R_{(t)}$. Nous sommes donc ici dans une logique d'interdisciplinarité, ce dont nous avons pu témoigner en participant à diverses tables rondes⁸, conférences, séminaires⁹..., et au travers de publications (Abry, 2022).

⁸ Se référer au colloque « Philosophies des numériques, des techniques et des sciences », Lyon, 30 et 31 août 2021, <http://barthes.enssib.fr/Phi-NTS>

⁹ Voir « La Covid-19 : regards et questions interdisciplinaires », IXXI, Lyon, printemps 2021, <http://www.ixxi.fr/agenda/seminaires/la-covid-19-regards-et-questions-interdisciplinaires>.

Nous avons été aussi contraints de faire de la science dans l'urgence, usant de tous les moyens à notre disposition. Nous pensons l'avoir produite dans une logique typique de ce que Dewey appelle l'enquête philosophique, sans pour autant oublier la critique épistémologique et sociologique sur la façon dont la science est conduite et organisée, ni même la critique de cette critique. Cette pratique scientifique intègre de « formidables méthodes d'observation, d'expérimentation, de réflexion et de raisonnement », ce que Dewey appelle l'intelligence (Dewey, 2014), pour rappeler que l'intellection du monde contemporain n'est pas qu'affaire d'esprits purs. Ce que précisaient également Gilles Gaston Granger et Jack Goody, qui insistaient sur l'importance de la technique dans la construction de la pensée.

Cette forme de réflexivité inséparable de la démarche scientifique est bien connue des sciences sociales (Bourdieu, 2001) ; elle favorise l'interdisciplinarité. Reste un point parfois passé sous silence par une sociologie des sciences qui insiste sur l'intérêt personnel des chercheurs : la possibilité de produire de façon pragmatique une science citoyenne, une science en société. Nous nous réjouissons que notre témoignage y contribue.

Bibliographie

ABRY P. (2022), « La cartographie de la Covid-19 vue par un physicien », in GUICHARD Éric (dir.), *Études digitales : cartographie et visualisation. Regards d'épistémologues et de concepteurs*, n°10. Garnier, pp. 145-153.

ABRY P., PUSTELNIK N., ROUX S., JENSEN P., FLANDRIN P., GRIBONVAL R., LUCAS CH.-G., GUICHARD E., BORGNAT P. & GARNIER N. (2020), "Spatial and temporal regularization to estimate Covid-19 reproduction number $R(t)$: Promoting piecewise smoothness via convex optimization", *PLOS ONE* 15 (8), Public Library of Science San Francisco, CA USA, e0237901.

BOURDIEU P. (2001), *Science de la science et réflexivité*, Paris, Raisons d'agir.

CORI A., FERGUSON N. M., FRASER C. & CAUCHEMEZ S. (2013), "A new framework and software to estimate time-varying reproduction numbers during epidemics", *American Journal of Epidemiology* 178 (9), Oxford University Press, pp. 1505-1512.

DEWEY J. (2014), *Reconstruction en philosophie*, Gallimard/Folio.

GUZZETTA *et al.* (2020), "The impact of a nation-wide lockdown on COVID-19 transmissibility in Italy", arXiv :2004.12338 (q-bio.PE).

LIU Q.-H., AJELLI M., ALETA A., MERLER S., MORENO Y. & VESPIGNANI A. (2018), "Measurability of the epidemic reproduction number in data-driven contact networks", *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115 (50), National Academy of Sciences, pp. 12680-12685, doi :10.1073/pnas.1811115115, <https://www.pnas.org/content/115/50/12680>

MA Shujuan, ZHANG Jiayue, ZENG Minyan, YUN Qingping, GUO Wei, ZHENG Yixiang, ZHAO Shi, WANG Maggie H. & YANG Zuyao (2020), "Epidemiological parameters of coronavirus disease 2019: A pooled analysis of publicly reported individual data of 1155 cases from seven countries", *American Journal of Epidemiology* 178 (9), Oxford University Press, pp. 1505-1512.

OBADIA T., HANEEF R. & BOËLLE P.-Y. (2012), "The R0 package: A toolbox to estimate reproduction numbers for epidemic outbreaks", *BMC Medical Informatics and Decision Making* 12 (1), 147.

PASCAL B., ABRY P., PUSTELNIK N., ROUX S., GRIBONVAL R. & FLANDRIN P. (2021), "Nonsmooth convex optimization to estimate the Covid-19 reproduction number space-time evolution with robustness against low quality data", arXiv 2109.09595.

RICCARDO Flavia, AJELLI Marco, ANDRIANOU Xanthi D., BELLA Antonino *et al.* (2020), "Epidemiological characteristics of COVID-19 cases in Italy and estimates of the reproductive numbers one month into the epidemic", medRxiv :2020.04.08.20056861, Cold Spring Harbor Laboratory Press, doi :10.1101/2020.04.08.20056861, <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.08.20056861v1>

THOMPSON R. N. *et al.* (2019), "Improved inference of time-varying reproduction numbers during infectious disease outbreaks", *Epidemics* 29, 100356, <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2019.100356>, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755436519300350>

Crise de la Covid-19, démocratie et intelligence collective

Par Benoît DUCHEMANN

Laboratoire SPHere, UMR7219 de l'Université de Paris

La pandémie de la Covid-19 qui sévit depuis le début de l'année 2020 a constitué un véritable défi pour les organisations de santé tant nationales qu'internationales. Face à la diffusion fulgurante du virus, ces organisations se sont vu imposer une démarche de management de crise nécessitant le développement et la mise en œuvre de réponses sanitaires innovantes.

Au-delà de la nature même des inventions ainsi mises en œuvre, il y a eu une articulation spécifique de l'intervention des différentes infrastructures scientifiques, industrielles et politiques, rendant possibles leur émergence et, *in fine*, la gestion et la maîtrise de la crise. Dans cette temporalité particulière, la décision politique s'est explicitement appuyée sur un discours officiel de légitimation scientifique. Elle a néanmoins aussi constitué un processus de confiscation de la chose publique, s'affranchissant implicitement de la délibération démocratique et de la transparence qui lui sont pourtant nécessaires, jetant finalement un doute sur les modalités de l'articulation entre l'industriel et le politique et sur son objectivité, et un voile sur ses biais éventuels.

En avril et mai 2021, parallèlement à l'action publique, une collaboration entre le MIT Center for Collective Intelligence (MCI), le Community Biotechnology Initiative at MIT Media Lab et le laboratoire pharmaceutique Merck a permis de lancer une expérience d'intelligence collective auprès de plus de 200 experts en sciences, santé publique et politiques publiques pour répondre aux défis de santé qui avaient pu émerger lors de la pandémie, en particulier celui de l'infodémie qui a donné lieu à une véritable crise de légitimité de la gouvernance de la santé publique.

Si ce projet innovant propose un procédé hybride d'optimisation de la décision publique, les conditions de sa prétention à la vérité semblent exagérées. Outre l'opacité épistémique dans laquelle les recommandations sont formulées, le défaut de transparence des motivations et de rationalité des actions engagées entrave cette technique managériale dans sa capacité à lutter contre une infodémie et à rétablir un équilibre explicite entre principes démocratiques de justice et efficacité de la gouvernance publique.

Introduction

La pandémie de la Covid-19 qui sévit depuis le début de l'année 2020 a constitué un véritable défi pour les organisations de santé tant nationales qu'internationales. Face à la diffusion fulgurante du virus, ces organisations se sont vu imposer une démarche de management de crise nécessitant le développement et la mise en œuvre de réponses sanitaires innovantes : invention de dispositifs de dépistage, de modalités thérapeutiques, de vaccins ; réorganisation de l'approvisionnement, de l'outil hospitalier ; invention d'indicateurs de suivi de la pandémie, ou encore invention de nouvelles organisations sociétales pour un meilleur quadrillage du territoire.

Au-delà de la nature même des innovations ainsi mises en œuvre, il y a eu, dans un contexte d'état d'urgence sanitaire, une articulation spécifique de l'intervention des différentes infrastructures scientifiques, industrielles et politiques rendant possibles la gestion et la maîtrise de la crise. Dans cette temporalité particu-

lière, la décision politique s'est explicitement appuyée sur un discours officiel de légitimation scientifique, sur une représentation quantifiée de la pandémie fondée sur des indicateurs eux-mêmes structurés à partir de données massives dont l'objectivité n'a pas été remise en question.

Elle a néanmoins aussi constitué un processus de confiscation de la chose publique, s'affranchissant implicitement de la délibération démocratique et de la transparence qui lui sont pourtant nécessaires, jetant finalement un doute sur les modalités de l'articulation entre l'industriel et le politique et sur son objectivité, et un voile sur ses biais éventuels. Elle a aussi jeté un doute sur les conditions préalables de la mise en risque de la pandémie par une gouvernance repensée du système de santé publique. C'est ce qu'ont mis en évidence des articles, tels que ceux de Roggy (2021) en France, de Cardin-Trudeau (2021) au Québec ou encore de Boutte (2021) en Belgique. Ce recul généralisé de la démocratie est synthétisé dans le rapport *The Economist* (2021). Selon ce rapport, repris par

Marchand (2021), la France serait passée du statut de démocratie à part entière à celui de « démocratie défaillante ». Si les auteurs de l'étude attribuent cette évolution négative aux confinements successifs et aux restrictions en matière de liberté de mouvement, ils associent ce même statut de défaillance aux catégories « Fonctionnement du gouvernement » et « Participation politique ».

Santé publique et aspiration démocratique

Rappelons à l'instar d'Oswald (2015) et de Stewart (2016) que, dans les démocraties représentatives, le ministre de la Santé est responsable de la politique adoptée en la matière et des décisions qui s'y rattachent. Il en est responsable devant l'entité qui l'a nommé, le président de la République ou l'assemblée représentative, lequel ou laquelle a été élu(e) démocratiquement. Dans ce cadre, un processus décisionnel doit permettre de faire des arbitrages au regard de l'efficacité économique du système de santé sur la base de certains principes, en particulier de justice. Pour autant, il y a là une séparation claire entre la démocratie, qui donne des droits électoraux égaux aux citoyens, et le gouvernement de la santé publique qui relève de l'État.

D'autres visions de la démocratie en santé publique évoquent « un besoin de participation citoyenne [...] étroitement lié au besoin de légitimer les décisions de rationnement »¹, un besoin de légitimer que Sfez (2002) concevait comme inséparable de la décision politique. Dans sa conception d'un « pluralisme démocratique », Dahl (1998, p. 54) déclare que la promotion d'un processus décisionnel satisfaisant doit s'accompagner de la possibilité pour tout un chacun de participer à une discussion publique. Ce thème est repris par Daniels et Sabin (2007) à travers leur dialectique de la « responsabilité pour la raisonabilité »² qui en fixe un cadre méthodologique : transparence des motivations de la décision, « raisonabilité » de ces motivations, capacité des citoyens à contester la décision et instauration d'une instance de régulation.

Dans le cas français, la gouvernance de la décision publique en contexte de crise est restée du ressort de l'État et sa légitimité s'est uniquement fondée sur le discours d'experts scientifiques dûment sélectionnés par les autorités étatiques³. Malgré le libre accès à beaucoup de données⁴, leurs discours ont été confrontés à ceux d'autres « experts », présents dans les médias, traditionnels ou non, et sur les réseaux sociaux. Sans régulation et dans la plus grande confusion, cette forme de pluralisme démocratique incontrôlé, sans exiger des participants au débat le prérequis de justifier leur com-

pétence, a mis au même niveau d'acceptabilité sinon l'ensemble des discours au moins certains d'entre eux, décrédibilisant *de facto* la science « officielle ».

Plusieurs facteurs nous paraissent avoir facilité la défiance vis-à-vis des discours officiels. En premier lieu, est apparu un questionnement relatif au statut d'expert, à « comment » définit-on un expert et « qui » peut qualifier un tel d'expert ; ce qui renvoie par ailleurs à l'objectivité attendue et aux biais afférents à de possibles conflits d'intérêts. En second lieu, a émergé un autre questionnement relatif aux modalités d'élaboration de la décision publique, lesquelles sont constitutives de sa valeur de vérité. Celles-ci sont restées opaques : la forme de rationalité adoptée et les principes et méthodes ayant présidé à la négociation entre l'efficacité de l'affectation des ressources disponibles et le principe de justice n'ont pas été divulgués, rendant impossible la justification formelle de la décision. Une telle opacité peut être d'ordre épistémique, renvoyant à l'absence d'une théorie formelle de la décision permettant de répondre à une situation non plus de certitude, ni de gestion de risque, mais à une situation sous-déterminée, une situation de crise⁵. Une telle opacité peut aussi relever d'une forme de confidentialité institutionnelle. Dans les deux cas, elle est un facteur de suspicion⁶. Enfin, et malgré la recommandation du Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé (CCNE, 2020, pp. 5-6), l'absence d'une délibération démocratique – qui aurait alors pu être régulée –, escamotée qu'elle a été par le seul discours scientifique porté par des experts, a laissé l'espace délibératif être librement occupé par un foisonnement incontrôlé de discours ne prétendant pas nécessairement à la vérité.

In fine, il y a eu défaillance de l'État à apporter une réponse à cette défiance caractérisée par une véritable « infodémie », alors que le CCNE (2020) appelait à préserver la « cohérence des décisions prises [pour] une bonne compréhension et acceptation d'éventuelles mesures contraignantes ou de choix difficiles en matière de politique de santé »⁷, et ce lorsqu'il pouvait y avoir un intérêt à élaborer une délibération démocratique pour parvenir à la résolution d'un tel conflit (Menkel-Meadow, 2011 ; Korolev, 2014), au travers d'une argumentation objective et de sa mise en perspective avec les affects et intérêts individuels.

Le projet SuperMind

Intentionnalité

En avril et mai 2021, parallèlement à l'action publique, une collaboration entre le MIT Center for Collective Intelligence (MCI), le Community Biotechnology Initiative at MIT Media Lab et le laboratoire pharmaceutique Merck a permis de lancer une expérience d'intelligence collective (IC) auprès de près de 200 experts en sciences, santé publique et politiques publiques. Ce

¹ SALTMAN & FIGUERAS (1997), cité par Safaei (2015) – Traduction par l'auteur.

² *Accountability for reasonableness*.

³ En particulier, le Conseil scientifique Covid-19 institué par Olivier Véran et présidé par Jean-François Delfrayssy.

⁴ Par exemple, se référer à : <https://www.santepubliquefrance.fr/dossiers/coronavirus-covid-19>, <https://www.worldometers.info/coronavirus/>, ou encore <https://coronavirus.jhu.edu/>

⁵ À ce sujet, voir SFEZ (1994).

⁶ Voir DANIELS & SABIN (1997, p. 308).

⁷ Préconisées par le CCNE (2020).

projet, sans avoir été mené sous la pression de la crise, apparaît néanmoins comme une forme de prolongement didactique de l'action publique entreprise dans le même temps pour lutter contre la pandémie. De fait, se justifierait un retour d'expérience critique émanant des différentes communautés impliquées dans le projet, visant à la constitution d'un corpus de savoirs et de préconisations et à la facilitation de progrès techniques et scientifiques en matière de santé et d'organisation de la santé publique⁸. Il y a aussi un pas de côté à faire vis-à-vis de l'action publique, dans un mouvement renvoyant à de nouvelles modalités instrumentales de planification.

Par ailleurs, Patrick Schneider (2021) précise cette intention en mettant en avant le manque d'une véritable « source de vérité » permettant de regrouper, synthétiser et partager des informations nécessaires pour lutter contre l'infodémie. Dans ce cadre, et au-delà des modalités instrumentales de la décision publique, cette expérience prétend proposer une rationalité innovante de justification de l'action entreprise.

Méthodologie

Selon le rapport final du MIT MediaLab (2021), au-delà de la sélection préalable d'experts issus des trois disciplines mentionnées ci-dessus, l'expérience s'est déroulée en quatre étapes : soumission par ces spécialistes de contributions dans leurs domaines d'expertise, soumission de contributions innovantes allant éventuellement au-delà de leur sphère de connaissances, y compris des commentaires sur les contributions des autres experts, représentation et catégorisation des contributions traduites sous forme de *clusters*⁹, à l'aide d'outils de NLP¹⁰ et, enfin, vote des participants sur les *clusters* qui leur paraissent les plus « implémentables » à court terme.

Il y a donc conception d'une organisation hybride, où le résultat de la coopération entre des experts humains se traduit par des propositions mises en forme par une IA, avant de les soumettre à un vote final.

Comment qualifier cette expérience ?

La première question qui se pose à nous est celle de la nature même de ce projet.

D'un point de vue disciplinaire, il s'agit d'une expérience d'IC visant à étudier des dispositifs hybrides permettant de résoudre des problèmes de société au travers d'une coopération entre des humains et des machines, des dispositifs qui s'adaptent à une « société intelligente »¹¹, ou à un monde intelligent¹².

⁸ Voir : <https://cci.mit.edu/future-of-life-sciences/>

⁹ Regroupement en 20 *clusters* construits autour d'idées similaires.

¹⁰ *Natural Language Processing* : il s'agit d'une catégorie d'outils d'intelligence artificielle dédiés à l'étude et à la représentation des langages naturels, qui sont aujourd'hui conçus le plus souvent à base de réseaux de neurones.

¹¹ Voir la *Smart society* de MIORANDI *et al.* (2014, p. 4) élargissant le concept de *Smart city* proposé par l'UE.

¹² Voir le *Smart world* de MULGAN (2018).

S'agit-il d'une expérience scientifique ?

On observera que la structure méthodologique de ce projet n'est que partiellement divulguée. Si le rapport final rend compte de l'organisation générale du projet, rien n'est dit sur le mode de sélection des experts, ni sur la composition exacte du collectif. Rien n'est dit par ailleurs sur le *design*, les modalités de développement et de test de la solution de NLP qui est utilisée. Curieusement, si l'organisation générale et la manière dont sont échangés les flux d'informations sont dévoilées, les agents humains et artefactuels qui entrent dans ce maillage réticulaire ne le sont pas. De telle sorte que, au-delà de sa seule structure, la répliquabilité de ce projet semble compromise.

Par ailleurs, on peut légitimement s'interroger sur ce qui est constitutif des résultats de cette étude : s'agit-il de nouveaux savoirs, par exemple les résultats présentés comme des réponses à l'intentionnalité de santé publique énoncée précédemment, ou bien s'agit-il de l'IC, appréhendée en tant qu'instrument d'aide à la genèse de nouveaux savoirs décisionnels ?

Dans le premier cas, quelle est la valeur de vérité de ces résultats ? Ces résultats ne sont, de fait, pas évalués, aucun système de valeur objectif n'est en effet proposé pour ce faire. Si l'on considère qu'ils sont le fruit d'un instrument d'IC, alors leur valeur pourrait découler de la validation préalable de cet instrument. Il faudrait donc que, dans le second cas, l'IC se voit assigner une valeur d'efficacité en tant qu'instrument, laquelle valeur n'est pas là non plus évaluée de façon objective.

À la différence d'autres expériences d'IC, telle celle du Red Ballon Challenge de la DARPA¹³, qui se voulait performative, ou la recherche comparative de Woolley *et al.* (2011) qui a permis de corréliser la performance de l'IC avec des facteurs organisationnels et de composition du groupe sous étude, ou encore la Convention citoyenne sur le climat organisée en France en 2019, laquelle a constitué une expérience de démocratie participative, le projet Supermind semble être un cas d'étude dénué de toute prétention scientifique, performative ou démocratique.

Concept organisationnel

Rappelons ici que le MCI a été fondé par Thomas W. Malone, qui était par ailleurs professeur de management au MIT Sloane School of Management. À l'instar de Woolley *et al.* (2015), nous pouvons envisager SuperMind comme un concept organisationnel visant à optimiser la performance d'un groupe.

Ce projet a pour objet la conception d'une organisation hybride dédiée à l'optimisation d'un processus de décision. On peut dès lors décrire ce travail de conception à partir du modèle « Star » de *design* organisationnel proposé par Galbraith (2002) – qui se caractérise à travers l'énoncé de tâches et d'objectifs à réaliser, la sélection des agents humains en fonction de leurs compétences, la structuration des activités collaboratives et

¹³ Defense Advanced Research Projects Agency, voir Darpa (2009).

la gestion des flux d'informations entre agents autonomes, que ce soit des humains ou des machines – et de la catégorisation des tâches de Steiner (1972) – les tâches étant d'ordre additif dans la dimension cumulative des propositions émanant des différents agents. Selon la taxonomie de McGrath (1984), leur nature est générative en ce qu'elles nécessitent de la créativité, laquelle est sélective au niveau de la hiérarchisation des propositions. L'IA joue ici un rôle de facilitateur dans l'exécution de la tâche de hiérarchisation, à travers la représentation des propositions et la visualisation de leurs similarités.

Transparence, explicabilité et objectivité

Nous sommes donc en mesure de décrire le procédé technique qui a présidé au *design* de l'objet de notre article, lequel est un procédé organisationnel d'optimisation du comportement collectif d'un groupe. Nous sommes en mesure de le décrire sans pour autant l'expliquer. Celui-ci renvoie à une rationalité faisant appel à un savoir-faire, dans lequel le savoir « scientifique » n'est pas un préalable au faire ; ce qui limite, *de facto*, sa prétention à la vérité.

Cette limitation est soulignée par le caractère opaque, non-explicable et subjectif des recommandations. Ainsi, le type de sélection préalable des experts n'est pas décrit ; ses modalités ne sont pas exposées. Rien ne vient montrer la diversité des membres de ce groupe. Rien n'indique qu'ils ne partagent pas implicitement un même *weltanschauung*, une même vision du monde, ce qui pourrait engendrer des biais.

Par ailleurs, la procédure de délibération – le recours à un vote – peut certes être considérée comme un outil de démocratie, mais, dans les faits, elle ne l'est point, dès lors qu'elle s'applique au sein d'une communauté réduite et non représentative.

Conclusion

Le déficit démocratique, la remise en question des experts, le manque de transparence et de publicité des motivations de l'action publique comme son absence de rationalité ont marqué la pandémie de la Covid-19. Ils ont favorisé une infodémie venant entraver une délibération publique éclairée et la recherche d'un équilibre entre les principes démocratiques de justice et l'efficacité de la gouvernance publique.

Le projet d'intelligence collective Supermind a consisté en la construction d'un procédé de management de savoirs prétendant à une rationalité innovante, devant permettre l'optimisation et la justification de la décision en santé publique. Cependant, les lacunes épistémiques, dont ce procédé technique souffre, rendent exagérée sa prétention à exprimer la vérité.

In fine, seule la dimension fictionnelle de cette « intelligence » – superlative au regard de son nom – permet d'envisager une forme de véri-similarité de ses résultats, sans que ceux-ci puissent être mis en relation avec un système de valeur s'appuyant sur des principes de justice. Un tel procédé organisationnel, loin

de répondre aux lacunes mises en avant dans la revue *The Economist* (2021), ne fait que proposer une alternative technologique aux procédures de gouvernance existantes. Certes, cette alternative propose une multi-rationalité innovante en situation de crise, mais, en réalité, elle ne fait que reproduire la tension qui a pu exister entre les attentes démocratiques de la société civile d'une rationalité linéaire et justificatrice de la décision politique et le recours à une rationalité technocratique pour la justifier, sans pour autant arriver à résoudre cette tension. Se contentant de céder à des techniques managériales en vigueur dans les entreprises, sans qu'une symbolique ne lui soit associée, la fiction de cette alternative ne permettrait finalement que de mieux déguiser la décision politique, de la rendre plus opaque, moins démocratique, sans pouvoir être instituante de l'État, comme le commenterait Lucien Sfez (2002).

Bibliographie

- BOUTTE T. (2021), « Notre démocratie est-elle affaiblie par le coronavirus ? », *La Libre*, 21 janvier, <https://www.lalibre.be/debats/ripostes/2021/01/21/notre-democratie-est-elle-affaiblie-par-le-coronavirus-6WHHEVMLNJHUVNW7ZJQFYRTEDI/>
- CARDIN-TRUDEAU E. (2021), « Covid-19 et démocratie, la rétraction du politique », *Le Devoir*, 23 mars, <https://www.ledevoir.com/opinion/idees/575556/confinement-covid-19-et-democratie-la-retraction-du-politique>
- COMITÉ CONSULTATIF NATIONAL D'ÉTHIQUE (2020), « Covid-19 – Contribution du Comité consultatif national d'éthique : enjeux éthiques face à une pandémie », 13 mars, <https://www.ccne-ethique.fr/sites/default/files/2021-07/R%C3%A9ponse%20CCNE%20-%20Covid-19%20%20Def.pdf>
- COOPMAN S. J. (2001), "Democracy, performance and outcomes in interdisciplinary Health Care teams", *The Journal of Business Communication*, vol. 38, n°3, juillet, pp. 261-284.
- DAHL R. A. (1971), *Qui gouverne ?*, Paris, Armand Colin.
- DAHL R. A. (1998), *On democracy*, New Haven, Yale University Press.
- DANIELS N. & SABIN J. (1997), "Limits to Health Care: Fair Procedures, Democratic Deliberation, and the Legitimacy Problem for Insurers", *Philosophy and Public Affairs*, vol. 26, n°4, automne, pp. 303-350.
- DANIELS N. & SABIN J. (2007), *Setting Limits Fairly – Can we Learn to Share Medical Resources?*, New York, Oxford University Press.
- DARPA (2009), *Red Balloon Challenge*, <https://www.darpa.mil/about-us/timeline/network-challenge>
- GALBRAITH J. R. (2002), *Designing Organizations*, San Francisco, Jossey-Bass Publishers.
- MARCHAND L. (2021), « Libertés civiles : avec les mesures anti-Covid, la France classée dans les "démocraties défaillantes" », *Les Échos*, 3 février, <https://www.lesechos.fr/monde/enjeux-internationaux/libertes-civiles-avec-les-mesures-anti-covid-la-france-classee-dans-les-democraties-defaillantes-1287000>
- MENKEL-MEADOW C. (2011), "Scaling up deliberative democracy as dispute resolution in healthcare reform: a work in progress", <http://www.law.duke.edu/journals/lcp>
- MIORANDI D., MALTESE V., ROVATSOS M., NIJHOLT A. & STEWART J. (2014), *Social Collective Intelligence*, Cham, Springer.

- MITMEDIALAB (2021), "Life Science Supermind", Final Report, Darmstadt, Merck KgaA, https://cci.mit.edu/wp-content/uploads/2021/12/2021_Consolidated-Supermind-Report_MSIG_FINAL-compressed-min.pdf
- MULGAN G. (2018), *Big Mind*, Princeton, Princeton University Press.
- OSWALD M. (2015), "In a democracy, what should a healthcare system do? A dilemma for public policymakers", *Politics, Philosophy & Economics*, vol. 14(1), pp. 23-52.
- ROGGY J. (2021), « Enseignements sur une gestion de la crise sanitaire. Les sciences, ce pivot populaire de la démocratie technique », *L'Humanité*, 12 novembre, <https://www.humanite.fr/en-debat/sciences/enseignements-sur-une-gestion-de-la-crise-sanitaire-les-sciences-ce-pivot>
- SAFAEI J. (2015), "Deliberative democracy in health care: current challenges and future prospects", *J. Healthc. Leadersh.* 7, pp. 123-136.
- SALTMAN R. B. & FIGUERAS J. (1997), "European Health Care Reform. Analysis of Current Strategies", *WHO Regional Publications*, European Series, n°72, Copenhagen.
- SCHNEIDER P. (2021), "Catalyst Conversations, Breakdowns to breakthrough", *Vimeo*, 15 novembre, <https://vimeo.com/655060524/3e3b290fb9>
- SFEZ L. (1994), *La décision*, Paris, PUF.
- SFEZ L. (2002), *Technique et Idéologie*, Paris, Seuil.
- STEINER I. (1972), *Group Process and Productivity*, Academic Press.
- STEWART E. (2016), *Publics and their health systems*, Edinburgh, Palgrave.
- THE ECONOMIST (2021), *Democracy Index 2020. In sickness and in health?*, The Economist Intelligence Unit Limited.
- WOOLLEY A. W. & MALONE T. W. (2011), "What Makes a Team Smarter? More Women", *Harvard Business Review*, June, <https://hbr.org/2011/06/defend-your-research-what-makes-a-team-smarter-more-women>
- WOOLLEY A. W., AGGARWAL I. & MALONE T. W. (2015), "Collective intelligence in teams and organizations", In MALONE T. W. & BERNSTEIN M. S. (Eds.), *The handbook of collective intelligence*, Cambridge, MIT Press.

Intérêt et limites de la modélisation en matière de gestion des épidémies

Par Laura TEMIME

Professeure, Laboratoire MESuRS, Conservatoire national des Arts et Métiers

Les modèles mathématiques sont très utiles pour bien comprendre et gérer le risque épidémique, comme l'a illustré leur usage lors de la pandémie de Covid-19. Utilisés depuis plus d'un siècle, ils permettent, en proposant une simplification de la réalité informée par des données, d'explorer une large gamme de scénarios hypothétiques. Cependant, leur bonne utilisation pour aider à la décision en santé publique suppose un travail en interaction avec les acteurs de terrain, la prise en compte des incertitudes et un effort de communication.

Contexte

L'épidémie de Sras en 2003, la pandémie grippale A/H1N1 en 2009, le MERS-CoV en 2012, Ebola et Zika autour de 2015, et puis, bien sûr, la pandémie de Covid-19 : ce début de XXI^e siècle a vu l'émergence de nombreux virus pathogènes représentant des menaces sérieuses pour la santé humaine à l'échelle planétaire. En parallèle, les infections bactériennes, que l'on pensait contrôlées grâce aux antibiotiques, sont de plus en plus complexes à traiter du fait des résistances à ces traitements et pourraient représenter la principale cause de décès dans le monde en 2050.

Face à cette situation, il est essentiel d'être capable, d'une part, de caractériser rapidement les risques associés à un pathogène émergent et, d'autre part, d'identifier les stratégies susceptibles de contrôler ces risques le plus efficacement possible. Cela implique notamment d'estimer les paramètres épidémiologiques clés, tels que le nombre de reproduction de base R_0 (c'est-à-dire le nombre moyen de cas secondaires générés par un unique cas index dans une population susceptible d'être infectée, un nombre caractérisant la contagiosité) ou les taux d'hospitalisation et de décès générés par les infections.

Cependant, les épidémies sont des phénomènes complexes qui ne sont que partiellement observés. Une part importante du processus épidémique reste souvent cachée, et les indicateurs disponibles sont bien souvent imparfaits (par exemple, les tests faux négatifs ou faux positifs). Se baser uniquement sur l'observation pour espérer mesurer directement les paramètres épidémiologiques est donc délicat, voire impossible.

La modélisation épidémique

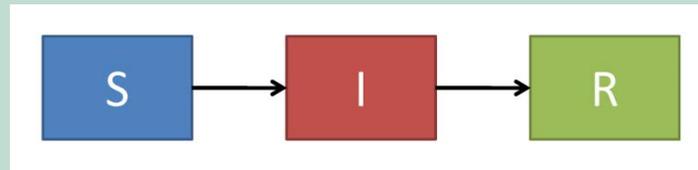
Un bref historique

Pour mieux comprendre les phénomènes non linéaires en jeu dans le déclenchement et la propagation des épidémies, les approches de modélisation mathématique sont des outils précieux, qui ont pris une importance croissante au cours des dernières décennies (Anderson et May, 1992).

Dès le XVIII^e siècle, Daniel Bernoulli, médecin, physicien et mathématicien, avait analysé la mortalité causée par la variole et évalué l'impact de la « variolisation ». Mais, c'est Hamer, qui, en 1906, a introduit l'idée, lors d'une épidémie de rougeole, que le nombre de nouveaux cas pouvait être estimé à partir de celui des personnes susceptibles d'être infectées dans une population, du nombre de personnes contagieuses et d'un coefficient – le « taux de contacts effectifs » – qui dépend de la contagiosité de la maladie et du nombre de contacts entre les individus (Hamer, 1906). Précédant les travaux de Ross, puis ceux de Kermack et McKendrick dans les années 1930 (Kermack et McKendrick, 1927), il fonda ainsi les bases de l'approche mathématique des maladies transmissibles, qui constituent encore aujourd'hui un domaine d'application privilégié de la modélisation en épidémiologie.

Avant même la survenue de la pandémie de Covid-19, l'aide à la décision dans la gestion du risque épidémique a grandement bénéficié de cette approche, comme en témoignent nombre de publications dans des revues majeures, telles que *Nature* ou *Science* : stratégies de contrôle d'une pandémie grippale (Ferguson, Fraser *et al.*, 2004) ou d'Ebola (Pandey, Atkins *et al.*, 2014), étude en temps réel de l'épidémie de SARS (Lipsitch, Cohen *et al.*, 2003), impact potentiel d'une attaque bioterroriste (Eubank, Guclu *et al.*, 2004), etc.

Le SIR, le modèle compartimental déterministe



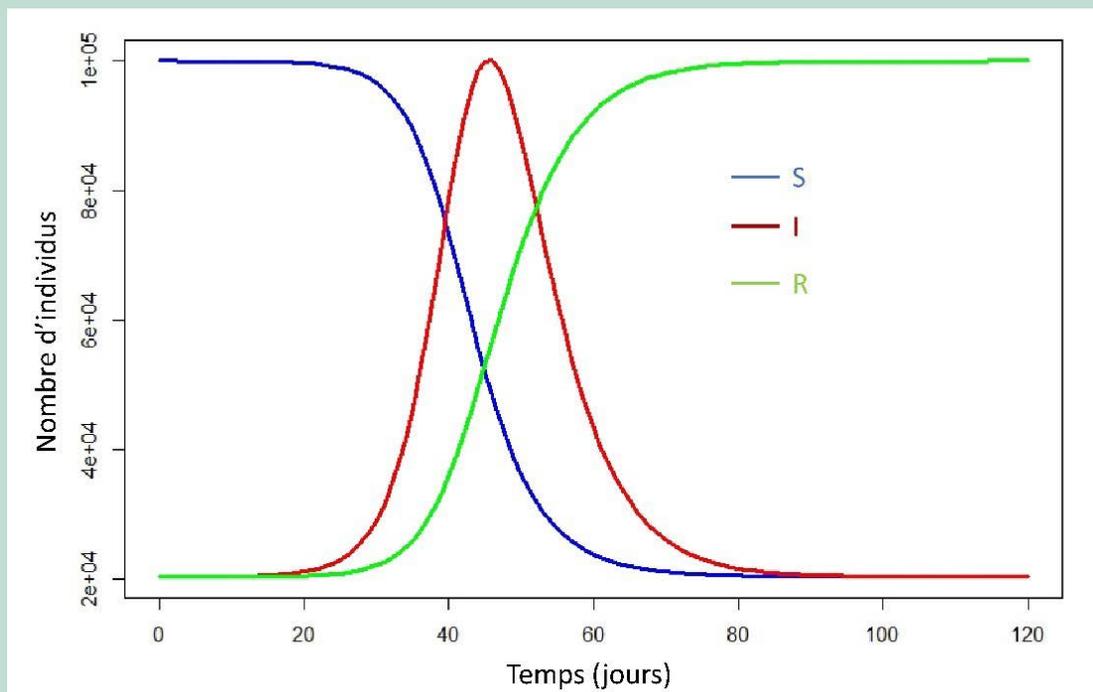
À l'instant t , $S(t)$ représente le nombre d'individus susceptibles d'être infectés, $I(t)$ le nombre d'individus infectés et contagieux et $R(t)$ le nombre d'individus guéris et donc immunisés. La phase infectieuse est supposée coïncider parfaitement avec la phase d'infection (pas de période d'incubation), et l'immunité est supposée être acquise à vie. Les naissances, les décès et les migrations de populations sont des éléments négligés, la population totale $N=S+I+R$ est donc supposée constante.

L'évolution temporelle des trois populations est alors régie par les équations différentielles suivantes :

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -\frac{\beta \cdot S \cdot I}{N} \\ \frac{dI}{dt} = \frac{\beta \cdot S \cdot I}{N} - \gamma \cdot I \\ R = N - S - I \end{cases}$$

Le paramètre β représente le taux de contacts effectifs, lequel reflète à la fois l'intensité des contacts entre les individus dans la population et la contagiosité de l'agent pathogène ; le paramètre γ représente, quant à lui, le taux de guérison, qui est égal à l'inverse de la durée moyenne de la phase infectieuse.

Une sortie du modèle pour une population totale de 100 000 personnes peut se traduire ainsi :



Les grands principes mathématiques

Les modèles mathématiques utilisés pour la gestion des épidémies reposent historiquement sur un cadre dit « compartimental », dans lequel la population est donc répartie en différents compartiments, en fonction du statut de chaque individu. Ainsi, dans le modèle

classique « SIR », les individus peuvent être classifiés comme susceptibles (S), infectieux (I) ou rétablis (R) (Anderson et May, 1992). Le modèle va alors décrire, de manière dynamique, les flux d'individus entre ces différents compartiments, afin de prédire l'évolution temporelle des effectifs S, I et R (voir l'Encadré ci-dessus).

Ces modèles peuvent évidemment être complexifiés pour tenir compte des caractéristiques de l'agent infectieux étudié (existence d'une phase d'incubation, immunité temporaire, possibilité d'être vacciné, etc.). Cela revient à ajouter des compartiments. Il est également possible de tenir compte dans ces modèles de l'aléatoire (modèles stochastiques).

Enfin, avec les progrès de la puissance de calcul informatique, se développent de plus en plus des variantes individu-centrées de ces modèles, dans lesquelles le devenir de chaque individu de la population est explicitement modélisé.

Intérêt de la modélisation : un exemple s'inscrivant dans le cadre de la gestion de la pandémie de Covid-19

Les établissements de soins ont été très lourdement impactés par la pandémie de Covid-19. Au-delà des hôpitaux de soins aigus dont l'organisation a été bouleversée par la lourde charge liée à l'hospitalisation massive de patients Covid, les établissements de soins de suite et de longue durée (EHPADs, hôpitaux psychiatriques, centres de rééducation...) se sont également avérés très vulnérables. En effet, les patients et les résidents de ces établissements ont besoin de soins continus impliquant un contact rapproché avec le personnel. Ils vivent en outre en communauté et sont généralement âgés et multi-morbides, ce qui les expose à un risque élevé de contracter le virus et de présenter des formes graves de la Covid-19. Les personnels, de leur côté, peuvent être infectés par le virus et le transmettre lors de leurs interactions quotidiennes avec les résidents et leurs collègues, du fait de mesures d'hygiène et de prévention des infections souvent mal respectées.

Cela s'est traduit par de nombreux *clusters* de cas nosocomiaux. Une étude récente réalisée dans les hôpitaux britanniques a estimé que 95 000 à 167 000 patients y auraient été contaminés (Cooper, Evans *et al.*, 2021). Quant aux établissements de soins de longue durée, ils auraient été le site de la majorité des décès : jusqu'à 66 % dans certains pays européens, et plus de 50 % aux États-Unis (Lau-Ng, Caruso *et al.*, 2020 ; Team, Danis *et al.*, 2020).

Dans ce contexte, la modélisation s'est avérée un outil très utile pour aider à gérer le risque de Covid-19 nosocomial. À l'échelle internationale, plusieurs groupes ont proposé des modèles restituant la propagation du Sras-CoV-2 dans les établissements de soins. Les principales questions abordées par le biais de ces modèles étaient celles relatives à l'optimisation des stratégies de dépistage et de l'organisation des établissements. Toutefois, au fil du temps, les modèles ont pu être adaptés pour tenir compte de l'évolution de la situation épidémique internationale et de celle des outils thérapeutiques (par exemple, les vaccins) ou non thérapeutiques (par exemple, les tests antigéniques) disponibles.

Ainsi, des travaux de modélisation ont permis d'estimer le risque d'infection pour les patients, mais aussi pour les soignants, lequel est potentiellement plus élevé qu'en communauté (Temime, Gustin *et al.*, 2021 ;

Shirreff, Zahar *et al.*, 2022). La modélisation a aussi permis de mettre en évidence les avantages :

- d'un dépistage périodique des personnels et des patients ou des résidents des établissements de soins (Smith, Duval *et al.*, 2020 ; Smith, Duval *et al.*, 2022) ;
- d'une limitation des partages de personnels entre les services, de l'intervention des soignants auprès de plusieurs patients et de la rotation des personnels au niveau des plannings de gardes (Kluger, Aizenbud *et al.*, 2020 ; Oodally, Hammami *et al.*, 2021) ;
- ou encore de la vaccination des patients et des personnels (Lasser, Zuber *et al.*, 2021).

Limites et enjeux des modèles épidémiques

La pertinence des modèles pour l'action

Comme indiqué précédemment, l'un des principaux objectifs des modèles épidémiques est d'aider à la prise de décision dans la gestion des épidémies. Cependant, pour que les modèles proposés soient pertinents pour l'action, il faut, d'une part, une bonne adéquation entre les questions qu'ils abordent et celles qui préoccupent réellement les acteurs de terrain et, d'autre part, une véritable reconnaissance de leur utilité par ces mêmes acteurs.

Sur le premier point, l'exemple du Covid nosocomial évoqué dans la partie précédente permet d'illustrer un certain déséquilibre entre les questions étudiées et les préoccupations réelles des soignants. En particulier, l'efficacité des équipements de protection, notamment celle des masques, a rarement été explorée sous l'angle de la modélisation. Du point de vue des modélisateurs, simuler l'impact d'un masque ne nécessitait pas forcément le développement d'un modèle complexe ; celui-ci était par ailleurs rendu très incertain en raison de la faible quantité de données disponibles pour informer correctement sur l'incidence réelle des masques sur la réduction du taux de transmission. Cependant, sur le terrain, décider si des masques doivent être utilisés en fonction des différents types d'interactions, savoir quels types de masques doivent être utilisés et comment et à qui il faut les attribuer en priorité quand les ressources sont limitées, sont autant de questions qui peuvent être de la plus haute importance en période de crise sanitaire.

Sur le second point, on observe que malgré leur vocation à être une aide à la décision, la grande majorité des modèles sont peu ou pas utilisés en pratique. Ce lien limité entre les résultats de la modélisation et leur traduction sur le terrain peut avoir plusieurs origines. Tout d'abord, la technicité trop élevée des articles sur la modélisation publiés dans des revues spécialisées peut les rendre inaccessibles aux acteurs de terrain. Par ailleurs, en dépit d'une attention accrue portée à la modélisation au cours des dernières années, une partie de la communauté médicale s'intéresse encore peu à celle-ci, considérant ses résultats comme trop théoriques et déconnectés du terrain.

Intégration des données

La question des données et de leur intégration dans les modèles est fondamentale. Pour être crédibles et utilisables, les modèles doivent s'appuyer sur des données observées. Mais cela se heurte à plusieurs problématiques.

Tout d'abord, bien souvent, les phénomènes épidémiologiques ne sont observés que partiellement, les données disponibles sont donc parcellaires et parfois biaisées. C'est, par exemple, le cas des données sur la dynamique épidémique de la Covid-19 en population française issues des résultats de tests, dès lors que ces tests peuvent se traduire par des faux positifs ou des faux négatifs, et que beaucoup de personnes ne se testent pas... Les modèles se doivent de tenir compte de ces limites lorsqu'ils utilisent les données. Pour cela, le recours systématique aux analyses de sensibilité et d'incertitude est fondamental.

Par ailleurs, les modélisateurs font face aujourd'hui à un véritable déluge de données issues de différentes sources : données épidémiologiques, bien sûr, mais aussi données sur les comportements et les déplacements des individus, données génomiques, etc. L'intégration de toutes ces données dans les modèles nécessite parfois de développer des cadres d'analyse différents de ceux utilisés classiquement. Elle peut aussi poser des problèmes éthiques.

Communication sur les résultats issus des modèles

Bien communiquer sur les résultats des travaux de modélisation est fondamental si l'on veut qu'ils soient utiles. Néanmoins, cela est compliqué pour diverses raisons.

Les modèles sont bien souvent considérés comme trop simplificateurs, ce qui les rendrait peu réalistes. Néanmoins, si leur simplicité ne permet pas de produire des prédictions réelles, cette caractéristique des modèles épidémiques est précisément ce qui fait leur utilité, car elle permet d'explorer plus facilement différents scénarios hypothétiques et d'en évaluer scientifiquement les bénéfices relatifs.

De plus, il peut arriver que les projections effectuées à un moment donné par des modèles s'avèrent, *a posteriori*, divergentes par rapport à la réalité. Cela ne remet pas forcément en cause la validité du modèle, dans la mesure où les projections qui avaient été fournies résultaient de scénarios simplifiés qui peuvent ne plus correspondre aux évolutions réelles de la situation : changement de comportement de la population, évolution du climat, etc.

Les modélisateurs doivent veiller à soigner leur communication sur ces éléments lorsqu'ils interagissent avec le public, les médias, les professionnels de la santé et les décideurs, non seulement pour des raisons d'exactitude scientifique mais aussi pour renforcer la culture scientifique.

Conclusion

Comme l'ont bien illustré les commentaires sur la modélisation entendus pendant la pandémie de Covid-19, la perception des modèles épidémiques est très variable. Certains évoquent une grande défiance vis-à-vis des « prédictions » effectuées, tandis que d'autres voient les modèles comme une réponse possible à tous les problèmes. Ces deux points de vue opposés sont bien entendu tout aussi faux l'un que l'autre. Les modèles ne visent qu'à nous aider à appréhender l'éventail des options qui s'offre à nous, en nous informant sur les conséquences potentielles associées à certains choix qui pourraient être faits. Le choix lui-même reste une décision politique.

Afin de maximiser l'utilité de la modélisation, des interactions étroites entre les acteurs de terrain (cliniciens, décideurs...) et les modélisateurs sont nécessaires. Elles doivent permettre de traiter les questions les plus pertinentes qui se posent sur le terrain et générer des résultats accessibles qui puissent être considérés comme réalistes et facilement applicables.

Références bibliographiques

- ANDERSON R. M. & MAY R. M. (1992), *Infectious diseases of humans: dynamics and control*, Oxford university press.
- COOPER B., EVANS S., JAFARI Y., PHAM T. M., LIM C., PRITCHARD M., POPE D., HALL V., STIMSON J. & EYRE D. (2021), "The burden and dynamics of hospital-acquired Sars-CoV-2 in England".
- EUBANK S., GUCLU H., KUMAR V. S., MARATHE M. V., SRINIVASAN A., TOROCZKAI Z. & WANG N. (2004), "Modelling disease outbreaks in realistic urban social networks", *Nature* 429(6988), pp. 180-184.
- FERGUSON N. M., FRASER C., DONNELLY C. A., GHANI A. C. & ANDERSON R. M. (2004), "Public health. Public health risk from the avian H5N1 influenza epidemic", *Science* 304(5673), pp. 968-969.
- HAMER W. (1906), "Epidemic disease in England. The milroy lectures", *Lancet* 1, pp. 733-739.
- KERMACK W. O. & MCKENDRICK A. G. (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), pp. 700-721.
- KLUGER D. M., AIZENBUD Y., JAFFE A., PARISI F., AIZENBUD L., MINSKY-FENICK E., KLUGER J. M., FARHADIAN S., KLUGER H. M. & KLUGER Y. (2020), "Impact of healthcare worker shift scheduling on workforce preservation during the Covid-19 pandemic", *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* 41(12), pp. 1443-1445.
- LASSER J., ZUBER J., SORGER J., DERVIC E., LEDEBUR K., LINDNER S. D., KLAGER E., KLETECKA-PULKER M., WILLSCHKE H., STANGL K., STADTMANN S., HASLINGER C., KLIMEK P. & WOCHLE-THOMA T. (2021), "Agent-based simulations for protecting nursing homes with prevention and vaccination strategies", *J. R. Soc. Interface* 18(185): 20210608.
- LAUNG R., CARUSO L. B. & PERLS T. T. (2020), "Covid-19 Deaths in Long-Term Care Facilities: A Critical Piece of the Pandemic Puzzle", *J. Am. Geriatr. Soc.* 68(9), pp. 1895-1898.
- LIPSITCH M., COHEN T., COOPER B., ROBINS J. M., MA S., JAMES L., GOPALAKRISHNA G., CHEW S. K., TAN C. C., SAMORE M. H., FISMAN D. & MURRAY M.

(2003), "Transmission dynamics and control of severe acute respiratory syndrome", *Science* 300(5627), pp. 1966-1970.

OODALLY A., HAMMAMI P., REILHAC A., GUÉRINEAU DE LAMÉRIE G., OPATOWSKI L. & TEMIME L. (2021), "Hospital-level work organization drives the spread of Sars-CoV-2 within hospitals: insights from a multi-ward model", *medRxiv*. 2021.2009.2009.21262609.

PANDEY A., ATKINS K. E., MEDLOCK J., WENZEL N., TOWNSEND J. P., CHILDS J. E., NYENSWAH T. G., NDEFFO-MBAH M. L. & GALVANI A. P. (2014), "Strategies for containing Ebola in West Africa", *Science* 346(6212), pp. 991-995.

SHIRREFF G., ZAHAR J. R., CAUCHEMEZ S., TEMIME L. & OPATOWSKI L. (2022), "Measuring Basic Reproduction Number to Assess Effects of Nonpharmaceutical Interventions on Nosocomial SARS-CoV-2 Transmission", *Emerg. Infect. Dis.* 28(7).

SMITH D. R. M., DUVAL A., POUWELS K. B., GUILLEMOT D., FERNANDES J., HUYNH B. T., TEMIME L. & OPATOWSKI L. (2020), "Optimizing Covid-19 surveillance in long-term care facilities: a modelling study", *BMC Med.* 18(1): 386.

SMITH D. R. M., DUVAL A., ZAHAR J. R., OPATOWSKI L. & TEMIME L. (2022), "Rapid antigen testing as a reactive response to surges in nosocomial Sars-CoV-2 outbreak risk", *Nat. Commun* 13(1): 236.

ECDC PUBLIC HEALTH EMERGENCY TEAM – DANIS K., FONTENEAU L., GEORGES S., DANIAU C., BERNARD-STOECKLIN S., DOMEGAN L., O'DONNELL J., HAUGE S. H., DEQUEKER S., VANDAELE E., VAN DER HEYDEN J., RENARD F., SIERRA N. B., RICCHIZZI E., SCHWEICKERT B., SCHMIDT N., ABU SIN M., ECKMANNS T., PAIVA J. A. & SCHNEIDER E. (2020), "High impact of Covid-19 in long-term care facilities, suggestion for monitoring in the EU/EEA, May 2020", *Euro Surveill.* 25(22).

TEMIME L., GUSTIN M. P., DUVAL A., BUETTI N., CREPEY P., GUILLEMOT D., THIEBAUT R., VANHEMS P., ZAHAR J. R., SMITH D. R. M. & OPATOWSKI L. (2021), "A Conceptual Discussion About the Basic Reproduction Number of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Healthcare Settings", *Clin. Infect. Dis.* 72(1), pp. 141-143.

Intelligence artificielle et Covid-19, ou les limites du « solutionnisme technologique »

Par Nicolas BRAULT

Enseignant-chercheur en histoire et philosophie des sciences,
Interact UP 2018.C102, Institut polytechnique UniLaSalle

Dès le début de la pandémie de Covid-19, le recours à l'intelligence artificielle et aux données massives apparaît aux yeux de nombreux scientifiques et responsables politiques dans le monde comme la solution ultime pour gérer la pandémie et ses conséquences. Or, après plus de deux ans et quelque quinze millions de morts, l'intelligence artificielle n'a pas tenu ses promesses. En réalité, elle ne pouvait pas les tenir, et ce pour deux raisons : d'abord, en raison de problèmes liés à la validité des données et de leur traitement algorithmique, et au risque de biais inhérent aux données massives ; ensuite, du fait que le paradigme épidémiologique de la pandémie n'est pas le bon, et qu'il convient de lui préférer celui de la « syndémie », la pandémie reflétant les inégalités économiques et sociales tout en les aggravant. Ainsi, ni une solution purement biomédicale ni une solution purement technologique ne peuvent fonctionner : il faut adopter une approche biosociale qui permet aux sociétés de vivre avec le virus, tout en protégeant les populations les plus vulnérables.

Introduction

Alors que la première vague épidémique de Covid-19 frappait le monde, de nombreux articles scientifiques (Arora *et al.*, 2020 ; Bragazzi *et al.*, 2020 ; Ho, 2020 ; Peng *et al.*, 2020 ; Vaishya *et al.*, 2020) décrivaient de façon enthousiaste comment l'intelligence artificielle allait permettre aux pays touchés de gérer la pandémie de façon optimale. Qu'il s'agisse des diagnostics, des pronostics, de la prévention, de la prédiction des vagues épidémiques, de thérapeutique, du traçage des contaminations, du développement de médicaments et de vaccins ou encore de la réduction de la charge de travail du personnel soignant, le recours à l'intelligence artificielle et aux données massives (ou *Big Data*) allait permettre de régler si ce n'est la totalité, du moins la majorité des problèmes engendrés par la pandémie de Covid-19, ressuscitant ainsi le mythe antique de Panacée¹.

Pourtant, plus de deux ans et cinq vagues épidémiques après le déclenchement de cette pandémie, qui a entraîné une surmortalité estimée entre 15 et

18 millions² de personnes dans le monde (Wang *et al.*, 2022), le bilan de l'utilité de l'intelligence artificielle dans cette pandémie apparaît largement contrasté. En effet, comme le souligne l'épidémiologiste et historien de la médecine, Joël Coste, « les données massives et l'IA n'ont apporté ni connaissance pertinente ni dispositif efficace pour la gestion de la crise » (Coste, 2020). Selon lui, il y a deux principales raisons à cet état de fait : « l'absence de données disponibles (sur l'origine géographique des sujets, l'activité des médecins généralistes, l'activité du secteur médicosocial...) et l'impossibilité d'un traitement rapide de certaines d'entre elles (les causes médicales de décès) » (Coste, 2020). En d'autres termes, soit les données n'étaient pas produites ou disponibles, soit elles étaient produites et disponibles mais pas en mesure d'être traitées rapidement.

Dans cet article, nous voulons montrer que même si les données avaient pu être produites ou traitées rapidement, cela n'aurait pas fondamentalement changé le cours de la pandémie, en France ou ailleurs, et cela pour au moins deux raisons distinctes mais liées. La première raison est intrinsèque à l'intelligence artificielle

¹ Panacée (mot issu du grec ancien, traduit par « remède universel ») est la fille du dieu grec de la médecine Asclépios et d'Hygie, la déesse de la santé, de la propreté et de l'hygiène, laquelle est aussi la sœur de Panacée.

² D'après les chiffres de l'Organisation mondiale de la santé : <https://www.who.int/fr/news/item/05-05-2022-14.9-million-excess-deaths-were-associated-with-the-covid-19-pandemic-in-2020-and-2021>

et aux données massives : ces données et leur traitement algorithmique sont en effet sujets à de nombreux problèmes (validité des données, et donc validité des modèles) et à des biais (sous- ou sur-représentation de certaines catégories d'âge, de sexe, relatives à l'origine ethnique, etc.) qui tendent à fausser les résultats. Cela est particulièrement vrai pour les applications de téléphonie mobile (et la mHealth, en général), sur lesquelles nous entendons nous focaliser ici. La seconde raison est externe et tient à la nature de cette pandémie : en effet, selon R. Horton, cette pandémie doit d'abord être considérée comme une « syndémie », qui révèle « les interactions biologiques et sociales importantes pour le pronostic, le traitement et les politiques de santé publique » (Horton, 2020) et qui reflète les inégalités économiques et sociales en même temps qu'elle les aggrave, le recours à l'intelligence artificielle ne faisant d'ailleurs bien souvent que renforcer ce phénomène.

En d'autres termes, le recours à des algorithmes ou à des applications apparaît comme une allégorie du « solutionnisme technologique » (Morozov, 2014) à l'œuvre dans nos sociétés contemporaines : tout problème (politique, moral ou sanitaire) devient un problème essentiellement technique. Or, les sociétés humaines, notamment lorsqu'elles sont confrontées à une pandémie, ne se laissent pas si facilement réduire ni analyser en termes algorithmiques. Pour autant, doit-on considérer que toute tentative de contrôle *via* l'intelligence artificielle est vouée à l'échec ? Ou bien doit-on conclure que le problème ne vient pas de l'instrument, mais plutôt de l'approche adoptée par les êtres humains par rapport au virus : un virus qu'il ne s'agirait pas de contrôler, mais plutôt avec lequel il faudrait composer, voire cohabiter ?

Usages et mésusages de l'intelligence artificielle en temps de pandémie

Si un secteur a particulièrement bénéficié de la pandémie de Covid-19, c'est bien évidemment celui du numérique : alors que la capitalisation boursière des GAFAM a explosé durant la pandémie³, un grand nombre d'applications permettant le traçage des contacts, l'autodiagnostic, le *reporting* médical ou bien encore le contrôle du respect de la quarantaine ont été mises en place dans au moins 55 pays dans le monde d'après le Conseil de l'Europe⁴. En France, l'application TousAntiCovid a ainsi été mise à disposition *via* des applications mobiles le 2 juin 2020 (sous le nom StopCovid). L'idée d'une application de traçage paraît en effet à la fois simple et séduisante : plutôt que de mener des enquêtes épidé-

miologiques de terrain longues et fastidieuses, il suffirait ainsi non pas d'interroger les personnes, mais d'interroger en quelque sorte leurs téléphones portables. En activant la fonctionnalité *bluetooth* desdits téléphones, il serait ainsi possible de repérer toutes les personnes ayant été en contact proche avec un individu contaminé (la portée du Bluetooth variant entre quelques mètres et vingt mètres), et donc de remonter les chaînes de contamination ou de détecter d'éventuels *clusters*. De plus, il serait possible (sans même passer par une application tierce) d'utiliser la fonction de géolocalisation des téléphones portables et, par ce biais, aussi bien de retracer les trajets de leurs utilisateurs que d'identifier les autres personnes que ceux-ci auraient pu croiser, ou encore de vérifier que les personnes respectent leur quarantaine ou le confinement. Ces données pourraient tout à fait être croisées avec d'autres données personnelles comme l'identité de la personne, ses caractéristiques socio-démographiques ou encore son dossier médical. Bien évidemment, des obstacles éthiques et juridiques de taille surgissent immédiatement, qu'il s'agisse des libertés individuelles, du droit à la vie privée ou encore du secret médical. Pourtant, au-delà des problèmes juridiques et éthiques posés par l'utilisation de ce genre de technologies, le recours à ces dernières et à des algorithmes pour analyser les données produites soulève un problème épistémologique plus profond, car consubstantiel à ces technologies, qui peut se résumer au risque de biais.

En effet, quel que soit le domaine d'application retenu pour analyser l'application de l'intelligence artificielle à la pandémie, un certain nombre de problèmes se posent, qui vont conduire à ce que les épidémiologistes appellent un biais, qu'ils définissent comme une « déviation systématique des résultats ou des inférences par rapport à la vérité, ou [comme] les processus conduisant à une telle déviation » (Last et International Epidemiological Association, 2001). Différentes sources de biais ont déjà été identifiées (Brault et Saxena, 2021) à propos de santé mobile (ou « mHealth »). Le problème principal concerne la qualité et la validité des données : en effet, les données peuvent, par exemple, être structurées ou encodées de manière différente en fonction du système d'exploitation (Android, Apple, etc.), ce qui rend problématique leur agrégation et leur analyse par un même algorithme (et, *a fortiori*, par des algorithmes différents). Ces données peuvent être aussi, en fonction des systèmes d'exploitation ou des applications utilisés, structurées ou seulement semi-structurées, voire même non structurées, ce qui rend là encore leur analyse difficile. De fait, comme dans tout système de données massives, certaines d'entre elles vont manquer : on sait, par exemple, que certaines personnes n'ont tout simplement pas de *smartphones*. Il existe ainsi des inégalités en termes d'équipements qui épousent à la fois la structure par âge de la population, mais aussi les inégalités sociales. Une étude de l'Insee⁵ a ainsi montré que si 94 % des 15-29 ans ont un *smartphone*, les 75 ans

³ L'acronyme GAFAM désigne les grands groupes technologiques américains : Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft. À titre d'exemple, la capitalisation boursière d'Apple a progressé de 150 % entre mars 2020 et janvier 2022, tutoyant même la barre des 3 000 milliards de dollars en décembre 2021. À ce sujet, voir, par exemple, cet article du *Figaro* de janvier 2022, <https://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/la-folle-ascension-des-geants-americains-de-la-tech-20220105>

⁴ Voir : <https://www.coe.int/en/web/artificial-intelligence/ai-covid19>

⁵ LEGLEYE S., NOUGARET A. & VIARD-GUILLOT L. (2022), « 94 % des 15-29 ans ont un *smartphone* en 2021 », *Insee Focus*, n°259, 24 janvier, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/6036909#titre-bloc-4>

ou plus (pourtant la catégorie de personnes la plus à risque de mourir du Covid-19) ne sont que 36 % à en posséder un. De même, dans la population générale, le taux d'équipement en *smartphones* passe de 53 à 92 % entre la population des moins diplômés et celle des plus diplômés ; tout comme il varie de 65 % pour les 10 % les plus pauvres à 95 % pour les 10 % les plus riches de la population française.

Pandémie, intelligence artificielle et syndémie

Or, d'après une autre étude de l'Insee (Barhoumi *et al.*, 2020), ce sont précisément les personnes en situation de précarité, mais aussi les plus âgées, qui ont été les plus touchées par la surmortalité due au Covid-19. En ce sens, il apparaît que les personnes les plus concernées par la pandémie sont en réalité aussi celles qui échappent le plus à une analyse en termes d'intelligence artificielle et de données massives, ce qui crée nécessairement un biais ou une distorsion systématique dans les résultats. Dès lors, si l'échantillon de données de départ implique une sous-représentation de certaines catégories de personnes, les plus pauvres et/ou les plus âgées, cette sous-représentation va se retrouver tant au niveau de la calibration que de l'entraînement du modèle, et donc au niveau de sa précision. Et l'erreur systématique va se répandre tout au long du processus algorithmique de l'analyse des données massives, et ce quelle que soit la taille de l'échantillon. En d'autres termes, espérer arriver à un contrôle de la pandémie *via* le recours à l'intelligence artificielle et aux données massives est largement illusoire à partir du moment où cette analyse est sans doute biaisée, l'intelligence artificielle ne faisant que refléter et, par là même, sans doute, qu'aggraver les inégalités économiques et sociales déjà présentes.

En ce sens, la pandémie et l'intelligence artificielle fonctionnent sensiblement de la même manière, au sens où elles agissent comme un miroir grossissant des inégalités, en même temps qu'elles risquent de les accentuer. C'est pourquoi la notion de syndémie, théorisée par Merrill Singer (Singer *et al.*, 2017), est si pertinente : en effet, « peu importe l'efficacité d'un traitement ou la protection offerte par un vaccin, la poursuite [sur la voie] d'une solution purement biomédicale au Covid-19 est vouée à l'échec » (Horton, 2020). Tout comme est condamnée à l'avance la solution purement technique, ou comme le dit Morozov, le « solutionnisme technologique ». En réalité, ce qu'il convient de changer c'est l'approche, en abandonnant une stratégie à la fois scientifique (ou médicale) et politique de la santé afin d'adopter un modèle « biosocial » : la notion de syndémie permet ainsi de comprendre comment les problèmes de santé, qu'il s'agisse de maladies transmissibles ou chroniques, relèvent d'une « agrégation (*clustering*) de problèmes médicaux et sociaux au niveau d'une population » (Singer *et al.*, 2017), des problèmes qui sont eux-mêmes en « interaction syndémique » entre eux et avec d'autres facteurs environnementaux et psychologiques. Cette approche nécessite ainsi à la fois une politique de santé centrée sur les

populations et pas seulement sur les individus, mais aussi une politique globale de réduction des inégalités qui vise à « l'élimination des forces sociales de grande envergure » (Tsai *et al.*, 2017), comme les inégalités de genre ou les discriminations raciales. Cela nécessite d'adopter une approche multi-niveau de la santé, qui prenne en compte aussi bien les déterminants individuels que collectifs, et tout autant les facteurs environnementaux (physiques ou biologiques) que les facteurs économiques et sociaux. En d'autres termes, il s'agit d'une « éco-épidémiologie » que Susser et Susser (1996) appelaient de leur vœu il y a déjà plus de quinze ans. Étant donné la complexité de cette approche, l'intelligence artificielle pourrait constituer un outil pertinent pour analyser les données, à condition que les biais inhérents à celle-ci soient si ce n'est éliminés, du moins minimisés.

Conclusion

Ainsi, il apparaît que toute tentative de contrôle d'une épidémie par l'intelligence artificielle ne soit pas, par principe, vouée à l'échec. En réalité, ce n'est pas tant l'instrument qui est ici en cause que les conceptions épidémiologiques et scientifiques qui sous-tendent cette approche. Ainsi, de la même manière qu'une approche purement biomédicale de la pandémie est inopérante, une approche purement technologique, et ce quelle que soit la technologie retenue, l'est tout autant, et relève bien d'une forme de techno-solutionnisme. En effet, après plus de deux années de pandémie, il ne s'agit plus tant d'éliminer le virus que d'apprendre à vivre avec lui et donc de composer avec lui, notamment en évitant ses conséquences désastreuses en termes de morbidité et de mortalité. Cela nécessite d'adopter une approche beaucoup plus complexe de la santé et des maladies qui incluent de nombreux facteurs individuels et collectifs de natures différentes (facteurs physiques, biologiques, économiques, sociaux, psychologiques...). Dans ce cadre, l'utilisation de l'intelligence artificielle et des données massives peut s'avérer pertinente : comme la langue d'Esopo, l'intelligence artificielle peut être la pire des choses, en aggravant les inégalités ou en étant utilisée comme un instrument de surveillance des populations, ou, au contraire, la meilleure des choses, en permettant de prendre en compte les multiples dimensions de la santé et d'identifier leurs interactions complexes afin de fournir, dans le cadre d'une approche syndémique, le corpus « des preuves [apportées] à l'appui d'interventions appropriées afin d'améliorer la santé et le bien-être psychosocial des populations vulnérables dans le monde entier » (Tsai *et al.*, 2017).

Références bibliographiques

- ARORA N., BANERJEE A. K. & NARASU M. L. (2020), "The role of artificial intelligence in tackling Covid-19", *Future Virology* 15(11), pp. 717-724. <https://doi.org/10.2217/fvl-2020-0130>
- BARHOUMI M., JONCHERY A., LOMBARDO P., LE MINEZ S., MAINAUD T., RAYNAUD E., PAILHÉ A., SOLAZ A. & POLLAK C. (2020), « Les inégalités sociales à l'épreuve de la

- crise sanitaire : un bilan du premier confinement », in *France, portrait social*, édition 2020, collection « Insee Références ».
- BRAGAZZI N. L., DAI H., DAMIANI G., BEHZADIFAR M., MARTINI M. & WU J. (2020), "How Big Data and Artificial Intelligence Can Help Better Manage the Covid-19 Pandemic", *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(9), p. 3176, <https://doi.org/10.3390/ijerph17093176>
- BRAULT N. & SAXENA M. (2021), "For a critical appraisal of artificial intelligence in healthcare: The problem of bias in mHealth", *Journal of Evaluation in Clinical Practice* 27(3), pp. 513-519, <https://doi.org/10.1111/jep.13528>
- COSTE J. (2020), « Données dites "massives" et santé publique : une mise en perspective historique », *Actualité et dossier en santé publique* 112, pp. 20-23.
- HO D. (2020), "Addressing Covid-19 Drug Development with Artificial Intelligence", *Advanced Intelligent Systems* 2(5), p. 2000070, <https://doi.org/10.1002/aisy.202000070>
- HORTON R. (2020), "Offline: Covid-19 is not a pandemic", *The Lancet* 396(10255), p. 874, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32000-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32000-6)
- LAST J. M. & INTERNATIONAL EPIDEMIOLOGICAL ASSOCIATION (Éds.) (2001), *A dictionary of epidemiology*, 4th edition, Oxford, Oxford University Press.
- MOROZOV E. (2014), *Pour tout résoudre, cliquez ici : l'aberration du solutionnisme technologique*, Limoges, Fyp Éditions.
- PENG M., YANG J., SHI Q., YING L., ZHU H., ZHU G., DING X., HE Z., QIN J., WANG J., YAN H., BI X., SHEN B., WANG D., LUO L., ZHAO H., ZHANG C., LIN Z., HONG L., LI J. et al. (2020), "Artificial Intelligence Application in Covid-19 Diagnosis and Prediction", *SSRN Electronic Journal*, <https://doi.org/10.2139/ssrn.3541119>
- SINGER M., BULLED N., OSTRACH B. & MENDENHALL E. (2017), "Syndemics and the biosocial conception of health", *The Lancet* 389(10072), pp. 941-950, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30003-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30003-X)
- SUSSER M. & SUSSER E. (1996), "Choosing a Future for Epidemiology: II. From Black Box to Chinese Boxes and Eco-Epidemiology", *American Journal of Public Health* 86(5), pp. 674-677.
- TSAI A. C., MENDENHALL E., TROSTLE J. A. & KAWACHI I. (2017), "Co-occurring epidemics, syndemics, and population health", *The Lancet* 389(10072), pp. 978-982, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30403-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30403-8)
- VAISHYA R., JAVAID M., KHAN I. H. & HALEEM A. (2020), "Artificial Intelligence (AI) applications for Covid-19 pandemic", *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews* 14(4), pp. 337-339, <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.04.012>
- WANG H., PAULSON K. R., PEASE S. A., WATSON S., COMFORT H., ZHENG P., ARAVKIN A. Y., BISIGNANO C., BARBER R. M., ALAM T., FULLER J. E., MAY E. A., JONES D. P., FRISCH M. E., ABBAFATI C., ADOLPH C., ALLORANT A., AMLAG J. O., BANG-JENSEN B., MURRAY C. J. L. et al. (2022), "Estimating excess mortality due to the Covid-19 pandemic: A systematic analysis of Covid-19-related mortality, 2020-21", *The Lancet* 399(10334), pp. 1513-1536, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02796-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02796-3)

Organisation et *monitoring* des capacités hospitalières en période de crise

Par Thierry GARAIX, Camille BREEN,
Mohamed El Habib MESSABIS et Raksmei PHAN

École des mines de Saint-Étienne

Le présent travail scientifique propose un outil d'aide à la décision pour accompagner la gestion stratégique de la capacité hospitalière en situation de crise similaire à celle de la Covid-19. Cette pandémie a mis en évidence le manque de préparation des systèmes de santé du monde entier, dont le système de santé français. En suivant les projections de l'évolution de la pandémie tout au long d'un horizon temporel déterminé, il s'agit pour nous de proposer une politique d'activation et de désactivation dynamique des ressources exceptionnelles dégagées par les établissements de santé pour prendre en charge le flux massif de patients généré par la crise. Définir une politique de gestion paraît inéluctable pour éviter toute surchauffe du système et une pause trop longue dans les activités médicales non liées à la crise sanitaire en cours, car les organisations hospitalières ont besoin de planifier à l'avance leurs déploiements importants de capacités. Ces travaux s'appuient sur des prévisions épidémiologiques et a su tenir compte du niveau de confiance accordé à ces prévisions. Nous avons focalisé notre étude sur les lits ouverts en réanimation qui exigent de mobiliser toute une série de ressources à aligner sur les capacités disponibles.

Introduction

Contexte

La crise du Covid-19 a mis en évidence un manque de préparation des systèmes de santé du monde entier, notamment du système de santé français, face à une crise sanitaire de type pandémique. Il s'est agi pour nous dans ce contexte de développer un outil d'aide à la décision pour accompagner la gestion stratégique de la capacité hospitalière. Ainsi, en suivant l'évolution de la pandémie sur un territoire tout au long d'un horizon temporel déterminé, l'objectif est de définir une politique d'activation et de désactivation dynamique des ressources exceptionnelles dégagées par les établissements de santé pour prendre en charge le flux massif de patients provoqué par la crise, tout en gérant l'allocation des moyens nécessaires pour répondre aux besoins des autres patients.

Les problèmes posés par une crise de type pandémique sont :

- une demande gourmande en ressources qui peut exploser rapidement ;
- des risques de contagion aussi bien au niveau du personnel que des patients ;
- une entraide limitée, de fait, entre les établissements ;
- des pénuries de matériels.

La réponse hospitalière est établie à l'échelle internationale au niveau de chaque établissement et se décline en plusieurs volets :

- l'acquisition de matériels supplémentaires : des lits, des respirateurs, des équipements de protection, de désinfection...
- l'augmentation de la capacité de travail par une présence accrue des personnels : suppression de congés et des temps de repos, rappel de personnels, réaffectation de ceux-ci sur d'autres activités ;
- la mise en place de prises en charge des patients réadaptées ;
- la définition de parcours patients spécifiques, surtout en intégrant les risques de contagion ;
- le report de certaines interventions chirurgicales et autres activités.

Les organismes nationaux et internationaux proposent certes des feuilles de route pour faire face aux crises sanitaires (plan de l'OMS (WHO (2021)), le plan ORSAN (des Affaires sociales, datant de 2014) ou les plans pour les hôpitaux comme les « plans blancs » du ministère de la Santé et des Solidarités (plans apparus en 2006). Ces feuilles de route décrivent certaines actions à réaliser, mais elles ne sont pas adaptées à tous les types de crises. En outre, les gestionnaires ont besoin d'aide pour mettre en place des organisations adaptées.

Revue de la littérature

De nombreux travaux ont porté et portent sur la prévision de l'évolution de l'épidémie. Ils s'appuient pour ce faire sur des méthodes permettant de prévoir les besoins en ressources sur les jours et semaines à venir. Cependant, la diversité des décisions à prendre, leurs répercussions dans le temps, et ce dans le contexte d'incertitude, rendent difficile la définition de stratégies, et ce même en disposant de prévisions de qualité. C'est dans ce cadre que se positionnent les outils que nous présentons ici, lesquels s'appuient sur les données pertinentes disponibles au moment de prendre les décisions.

La pandémie liée à la Covid-19 a révélé un grand déficit au regard des ressources hospitalières nécessaires pour faire face à l'augmentation soudaine de la demande de soins hospitaliers, ainsi qu'une absence de stratégies robustes de la gestion des patients, lesquelles sont essentielles pour alléger la pression exercée par l'arrivée massive de malades dans les établissements de santé, comme le soulignent Arabi *et al.* (2020), Xie *et al.* (2020) et Grasselli *et al.* (2020).

L'étude Gagliano *et al.* (2020) propose une meilleure organisation du parcours du patient lors de sa prise en charge pour éviter les contaminations, l'engorgement des urgences, etc. À partir des recommandations de l'OMS, l'article Phua *et al.* (2020) identifie deux mesures organisationnelles qui s'avèrent les plus accessibles pour les hôpitaux, à savoir l'augmentation des lits en soins intensifs et la déprogrammation de certains soins. Dans l'étude Defrancq *et al.* (2020), les auteurs recommandent la mise en place de procédures opérationnelles par unité et tenant compte des trois phases de l'épidémie (le début, le pic et la décongestion de l'hôpital). Là encore, l'attribution de lits supplémentaires en soins intensifs pour accueillir les patients Covid et la déprogrammation apparaissent comme des points clés d'une bonne organisation, mais leurs recommandations ne sont pas étayées par une évaluation quantitative. De nombreuses études proposent des outils d'aide à la planification des capacités (Alban *et al.* (2020b), Zhang *et al.* (2020), COV (2020) et Klein *et al.* (2020), ce sont là 4 articles sélectionnés parmi plus de 690). Tous ces travaux se limitent au calcul d'une projection des besoins en ressources hospitalières s'appuyant donc sur une prévision de l'évolution de l'épidémie. Dans l'étude Currie *et al.* (2020), les auteurs répondent à la question de savoir quelle est l'approche de modélisation et de simulation appropriée pour chacun des problèmes de décision récurrents qui se posent dans le domaine de la santé. Pour la gestion des ressources en lits (ouverture/fermeture d'USI...), ils recommandent de recourir à la simulation à événements discrets.

Plusieurs chercheurs ont étudié les problèmes de la gestion des capacités et du partage des ressources rares depuis l'épidémie de Covid-19, à l'instar de Mehrotra *et al.* (2020), Nonato *et al.* (2022), Lacasa *et al.* (2020) ou Alban *et al.* (2020a). Des stratégies d'optimisation et des outils d'aide à la décision ont été développés dans ces différentes publications pour aider les établissements de santé.

L'approche retenue pour notre étude

En pratique, il s'agit dans un premier temps de sélectionner les établissements pour leur allouer un rôle sur des périodes déterminées par rapport à la durée de traitement des patients ; puis d'allouer à ces établissements des capacités pour leur permettre d'absorber les flux de patients à venir ; et, enfin, d'affecter les patients à un établissement déterminé lors de leur admission et ensuite de les y laisser tout au long de leur parcours de soins.

Les deux problèmes sont abordés en retenant des niveaux de décision et des méthodes de résolution différents. Le premier problème traite de la gestion des capacités médicales qui sont appréhendées sur la période couverte par la crise, au niveau du territoire et de l'hôpital. Le deuxième problème est relatif au pilotage de la prise en charge des patients et porte sur un cycle plus court correspondant à la durée de séjour des patients.

Dans le premier cas, nous proposons des solutions qui visent à coller au plus près des besoins en soins en fonction des prévisions épidémiques. Il est proposé ici une mobilisation graduée et contrôlée des ressources afin de permettre de maintenir d'autres activités de soins.

Dans le deuxième cas, nous recherchons l'équilibre entre des stratégies de déversoir (remplir un service avant de solliciter un service voisin) et des stratégies d'équilibrage des charges entre les services.

Définition de la problématique de notre étude

Au niveau d'un territoire, les hôpitaux déjà regroupés au sein d'un GHT doivent coordonner leurs réponses. Il s'agit de déterminer les établissements mobilisés, les rôles et fonctions qui leur sont dévolus et avec quelles capacités. Pour les raisons évoquées en introduction, une réponse étagée par rapport à l'évolution de la situation sanitaire est attendue.

Ce problème se rapproche de celui dénommé "Dynamic Multiperiod Facility Location Problem". Ce type de problèmes présente une dimension stochastique tant au niveau des besoins en soins que des ressources impliquées. Ils ont aussi une nature combinatoire pour affecter les rôles et le dimensionnement des capacités des différents établissements.

Les rôles majeurs qui incombent à ces établissements sont le stockage des matériels, l'accueil de première ligne, d'assurer l'hospitalisation, les soins intensifs, les soins de réanimation les plus légers et la phase de convalescence¹.

Les capacités de chaque établissement sont dimensionnées en fonction des personnels médicaux disponibles et de leurs compétences ainsi que des matériels critiques à disposition, comme ceux d'assistance res-

¹ BIENSTOCK D. & ZENTENO A. C. (2012), *Models for managing the impact of an epidemic*, arxiv.org/abs/1507.08648.

piratoire. La programmation stochastique est une des méthodes de résolution le plus souvent utilisées pour gérer ce type de problèmes (El-Rifai, 2015). Cette programmation est définie pour un problème statique et un échantillonnage de scénarios établis à partir de différentes variables aléatoires caractérisant la demande médicale (l'ensemble que représentent les différents scénarios possibles est généralement immensément grand). Pour traiter des problèmes dynamiques, la programmation stochastique est appliquée sur un horizon de temps glissant.

Cette programmation présente l'avantage d'être une modélisation formelle facile à manipuler et à faire évoluer. Ses inconvénients résident dans l'obligation de recourir à des simplifications pour réduire des temps de calcul souvent importants et la nécessité de créer le modèle (charger toutes les données nécessaires) et de l'exécuter (par appel, généralement, à un solveur de programmation linéaire en nombre entiers) avant d'obtenir des solutions.

Pour des raisons de performance et grâce à notre analyse de certaines propriétés du problème, nous proposons plusieurs modélisations originales d'un problème lequel peut trouver une résolution rapide, de façon exacte ou approchée.

La finalité de ces modèles est d'aider à la prise de décisions stratégiques sur des capacités en moyens à allouer sur plusieurs jours. Cependant, des décisions à des niveaux plus opérationnels, comme le pilotage du parcours de soins des patients, sont intégrées afin d'évaluer plus finement l'impact des décisions stratégiques qui pourraient être prises. Un des enjeux de la modélisation est de prendre en compte un nombre suffisant de détails pour permettre une discrimination pertinente entre les meilleures solutions, sans pour autant trop complexifier le problème qui serait dès lors plus long à résoudre.

Tous les modèles que nous proposons ne considèrent qu'une ressource. Dans nos expérimentations, cette ressource correspond à un lit de réanimation dit « chargé », c'est-à-dire doté de tout le temps médical (moyens humains) et le matériel requis. L'échelle de temps est ici la journée.

La première modélisation considère l'ensemble des établissements du territoire comme un seul et unique établissement. Bien sûr, ce modèle s'applique aussi à un seul de ces établissements, dès lors qu'il se serait doté d'une politique individuelle.

La deuxième modélisation considère chaque établissement, mais tient compte de la localisation de la demande à l'échelle du territoire, en intégrant une variable, celle de la proximité de cet établissement avec d'autres établissements. Il répond à la question du rôle et de l'évolution de celui-ci pour les établissements d'un même territoire.

Modèle à capacité unifiée

Dans cette partie, nous proposons une approche du problème de la planification des capacités d'accueil

dans les hôpitaux pendant la crise de la Covid-19. Nous proposons trois types de méthodes : une méthode dynamique, une statique et une hybride. Nous les avons appliquées à plusieurs modèles épidémiques et sur la base de deux variantes qui se distinguent par la possibilité ou non d'accepter des patients dans des conditions de surpopulation.

Dans ce type de situation où l'hôpital est confronté à un manque de ressources, la procédure qu'il doit suivre consiste à demander des ressources à d'autres établissements ou à transférer vers ces derniers des patients, à annuler certains soins électifs, à établir une nouvelle répartition de l'affectation du personnel médical et à augmenter la capacité de travail (en annulant les vacances des personnels, par exemple).

En raison de l'ampleur de la propagation de la maladie, la première forme d'action a été de mise en œuvre très limitée, puisque tous les établissements se situant à proximité ont été touchés et ont été de fait en concurrence pour obtenir des équipements essentiels. Les trois autres types d'actions ont été largement utilisés. En raison de la longue période couverte par la crise – plusieurs mois –, certaines difficultés ont été rencontrées postérieurement à la première vague épidémique. La détérioration de l'état de santé de patients non traités pour la Covid mais atteints d'autres maladies s'est aggravée et les retards accumulés ont provoqué un autre pic d'activité après la vague épidémique, comme le soulignent Couloigner *et al.* (2020), McCabe *et al.* (2020), et Fakhry *et al.* (2020). De plus, les personnels ont besoin de récupérer après une période de travail intense afin d'éviter l'épuisement (El-Hage, 2020).

Les hôpitaux doivent faire face à deux problèmes contradictoires : d'un côté, admettre et traiter le maximum de patients contaminés et, de l'autre, maintenir le taux d'activité maximal pour les autres maladies critiques avant et après l'apparition de l'épidémie. Dans nos travaux, nous avons abordé ce problème sous l'angle de la planification des capacités d'admission sous incertitude dans le cas spécifique de la gestion des lits des unités de soins de réanimation (REA), qui étaient les ressources les plus critiques lors de la première vague, en mars/avril 2020. Les schémas de décision statiques et dynamiques ont été évalués afin d'estimer combien de temps à l'avance les décisions sur l'affectation des lits peuvent être prises.

Différents outils sont disponibles pour aider les hôpitaux dans leur planification de leurs capacités. Dans notre étude, nous proposons une solution qui repose sur une adaptation de la capacité des unités de soins intensifs aux besoins en lits. Une solution correspond à l'ensemble des niveaux à ouvrir répartis sur un horizon donné ; à chaque jour correspond une capacité en lits (notée Ch , ou h représente une journée de l'horizon H). La meilleure solution est calculée en fonction d'indicateurs. Les indicateurs que nous avons choisis sont : Qh , pour le nombre de places vides ; Zh , pour le nombre de patients pris en charge en dehors de la capacité disponible ; Rh , pour le nombre de patients orientés vers un autre hôpital ; et Mh , pour le coût de changement de niveaux. Les trois premiers indicateurs sont pondérés

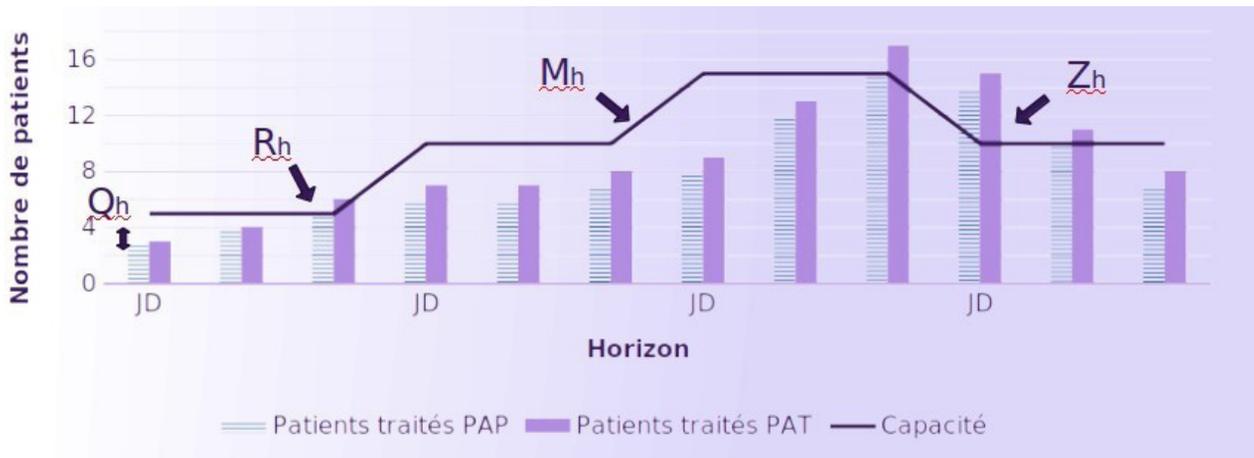


Figure 1 : Évaluation d'une solution selon les deux politiques susceptibles d'être mises en œuvre : la politique d'admission totale (PAT) et la politique d'admission partielle (PAP).

par les coefficients α^Q , α^Z et α^R . Le coût d'une solution (CT) est égal à la somme de ces indicateurs sur tout l'horizon considéré, comme restitué dans l'équation 1 ci-dessous et la Figure 1 ci-dessus.

$$CT = \sum_{h \in H} \alpha^Q \cdot Q_h + \alpha^R \cdot R_h + \alpha^Z \cdot Z_h + M_h \quad (1)$$

Dans la première variante, nous supposons que tous les patients sont admis, même si la capacité d'hospitalisation de l'établissement est dépassée. Cela n'est qu'une hypothèse de modélisation et ne signifie pas que dans la réalité, les patients ne seraient pas transférés ailleurs.

En modifiant la pénalité associée à de tels dépassements dans le modèle, nous rétablissons l'aversion du personnel médical à générer de telles situations.

Politique d'admission totale (PAT)

Dans cette section, nous développons la méthodologie mise en place pour l'étude du problème de l'admission de tous les patients. Elle repose sur une fonction directe d'évaluation d'une solution obtenue par l'estimation des besoins des patients, laquelle est basée sur la probabilité d'arrivée et de la durée de séjour de ces derniers. La pertinence de ce modèle repose sur le fait que le besoin journalier en lits ne dépend pas des décisions prises au regard des capacités, puisque le principe est que tout patient est admis. Dans Eick *et al.* (1993), l'analyse des files d'attente à capacité infinie (équivalent à une admission totale) de type $Mt/G/\infty$ permet d'établir les paramètres de la loi de Poisson que suit le besoin journalier en lits.

La première stratégie est une stratégie statique. Les décisions sont prises à l'avance sur tout l'horizon de planification. Nous définissons ainsi une fonction pour le calcul du coût entre le début de l'horizon et le jour h . Nous sommes face à deux situations : 1) aucune décision n'est prise le jour h , car on ne dispose pas de coût de changement de niveau ; 2) une décision est prise le jour h , et on retient le meilleur niveau (niveau le plus bas permettant néanmoins d'accepter tous les

nouveaux patients) au titre du jour considéré. La solution donnée par cette stratégie est une solution optimale.

La deuxième stratégie consiste à déployer là encore une stratégie statique, mais sur un horizon mobile. Se dessinent deux types d'horizons :

- dans le premier cas, on considère l'horizon comme un tout ;
- dans le second cas, l'horizon est défini en fonction d'un nouveau paramètre qui détermine le nombre de jours considérés, c'est le principe de l'horizon glissant.

Nous pouvons considérer le premier cas comme le second, avec la durée totale de l'horizon comme paramètre.

Dans la stratégie dynamique aveugle, chaque décision est prise en tenant compte du présent, mais sans aucune vision sur les jours à venir. La méthode développée ici est basée sur un seuil d'achèvement (noté \bar{t}) déterminé selon l'équation 2 suivante, laquelle est utilisée pour décider du prochain niveau à ouvrir (noté P_i , dans un ensemble de $|I|$ niveaux) sur les jours retenus.

$$C_h = \begin{cases} P_{|I|}, & |B_h| \geq P_{|I|} * t \\ \min\{P_i : i \in I, P_i * t \geq |B_h|\}, & \text{sinon} \end{cases} \quad (2)$$

La valeur du paramètre $t > 0$ est optimisée empiriquement par une recherche dichotomique portant sur plusieurs scénarios.

Politique d'admission partielle (PAP)

Dans cette section, nous proposons une politique alternative pour évaluer le modèle. Elle est basée sur la non-prise en charge de patients, qui sont réorientés vers un autre centre de soins, lorsqu'aucune place n'est disponible dans l'hôpital sous étude. Ici, le besoin journalier en lits dépend des décisions prises précédemment au regard des capacités ; l'évaluation d'une solution devient elle-même compliquée.

Pour faire face à une telle difficulté, nous décomposons le problème en deux, avec la mise en œuvre d'une procédure qui permet d'évaluer une solution et d'une procédure d'optimisation combinatoire qui génère des solutions.

Nous avons également élaboré deux méthodes pour évaluer une solution – c'est-à-dire la fixation de tous les niveaux de capacités – en calculant une approximation du besoin journalier en lits.

La première méthode d'évaluation est basée sur une approximation par une loi de Poisson du nombre de patients présents un jour déterminé.

La seconde méthode repose sur le calcul de la probabilité qu'un patient reste une journée de plus, afin de calculer le besoin en termes de places deux fois par jour, le matin (après les départs de la journée) et le soir (après les admissions).

Nous montrons expérimentalement par une comparaison avec un échantillonnage portant sur 10 000 scénarios que la deuxième approche présente une marge d'erreur deux fois moindre que la première ; elle est très proche de l'estimation faite par échantillonnage (0,001 % d'écart absolu en moyenne). Pour chacune des méthodes, le temps de calcul est inférieur à la seconde.

Stratégies de résolution

Nous allons maintenant aborder les différentes stratégies de résolution que nous avons élaborées, en commençant par la stratégie statique. La recherche d'une solution est décomposée en deux cycles : d'abord l'initialisation, puis l'amélioration de la solution courante. Nous détaillons dans la suite de cet article chaque étape de ces deux cycles :

- Nous appliquons la stratégie statique pour développer la politique d'admission totale. Malheureusement, les coefficients des indicateurs associés à cette politique ne sont pas adaptés à la politique d'admission partielle. De nouveaux coefficients α^2 et α^0 sont donc établis. La recherche des meilleurs coefficients est basée sur une recherche par dichotomie. Une fois ces coefficients déterminés, une solution est calculée à partir de la stratégie statique venant en appui de la politique d'admission totale. Cette solution est utilisée comme solution initiale pour le cycle suivant.
- Une optimisation par recherche locale est appliquée à la solution obtenue dans la phase Initialisation. Cette optimisation se divise en deux parties :
 - Des modifications avec un incrément de 1 à chaque changement d'étape des cycles sont effectuées (le nombre minimum de lits pour pouvoir modifier une étape est affiché avec un statut ouvert/fermé). La recherche locale ne s'arrête que lorsqu'un tour d'horizon complet a été fait sans qu'aucune amélioration à la solution actuellement appliquée n'ait été apportée. Chaque jour nous essayons d'améliorer la solution mise en œuvre en jouant simultanément sur la fermeture ou l'ouverture de lits. Nous gardons la meilleure parmi trois des solutions élaborées.

- La même méthode est utilisée, mais cette fois-ci avec des incréments appliqués à deux étapes.

Ces deux parties sont mises en boucle jusqu'à ce qu'aucune d'entre elles ne génère d'amélioration.

Une autre stratégie consiste à appliquer le même modèle de résolution que celui mobilisé dans le cadre de la politique d'admission totale (en recourant à la stratégie statique vue dans la section précédente). Enfin, une dernière version de la stratégie de résolution consiste à recourir à la même opération que celle correspondant à la méthode « Dynamique aveugle » de la politique avec admission totale.

Si la solution déterminée dans le cadre de la PAT est évaluée au titre de la politique PAP sans qu'aucun changement n'ait été apporté, nous avons alors un coût de la solution (CT) de 63,07. Évaluons maintenant quelques critères des différentes étapes de l'amélioration de cette solution. La première est l'initialisation de cette solution, qui est basée sur une recherche dichotomique. Différentes précisions portant sur le coefficient ont été données (voir le Tableau 1 ci-dessous).

Précision du coefficient	Durée (en s)	Amélioration (en %)
0,1	10,6	11,28
0,01	15,6	11,36
0,001	20,75	11,54
0,0001	30,67	11,78

Tableau 1 : Évaluation des effets sur la précision du recours à la méthode de dichotomie.

Dans un deuxième temps, nous montrons dans le Tableau 2 qui suit, l'impact de notre recherche locale sur notre solution initiale.

Part	Temps (en s)	Amélioration (en %)	Nombre de changements	Over-views
RC1	69,01	4,5 %	14	3
RC2	19,15	0	0	1

Tableau 2 : Analyse de l'amélioration d'un cycle de recherche locale.

Ces résultats montrent que la deuxième phase de la recherche locale n'est pas utile. Dans la suite de la conduite de nos expériences, nous ne l'utiliserons donc pas. La méthode statique se limite donc à un passage par la recherche locale avec un changement de pas de 1 par rapport à la solution courante.

Modèle à capacités réparties

Dans cette section, chaque hôpital a sa propre capacité. Ainsi, l'affectation des patients à différents hôpitaux peut être évaluée, ce qui n'est pas le cas du modèle à capacité unifiée.

Le premier niveau de décision porte sur le rôle à jouer par des établissements qui peuvent ou non accueillir des patients Covid sur une période déterminée. Le deuxième niveau de décision correspond à la détermination de la capacité allouée à chaque établissement pour

accueillir les patients Covid au titre de chaque période. Le troisième niveau est la répartition des patients au sein du réseau de santé. Nous avons cherché à optimiser les deux premiers niveaux de décision en intégrant l'évaluation de l'impact de ces décisions sur la performance du pilotage du parcours des patients. L'évolution de la carte des ressources hospitalières en fonction de celle de l'épidémie est donnée par la Figure 2 ci-dessous.

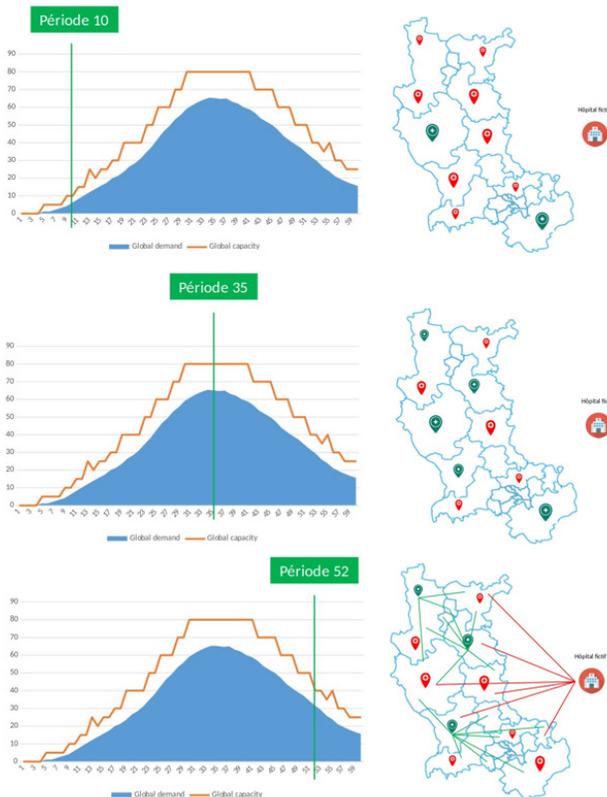


Figure 2 : Évolution de la gestion des ressources hospitalières en cours de crise.

Sur les courbes de gauche, le besoin en lits est identifié en bleu et la capacité globale associée à une solution correspond à la ligne orange. Les illustrations de droite représentent pour chacune des trois périodes sélectionnées la répartition territoriale des capacités. Les hôpitaux admettant des patients Covid apparaissent en vert, la taille de l'icône est proportionnelle au nombre de lits disponibles pour accueillir des patients Covid. L'hôpital fictif représenté à l'extérieur de la figure sert à modéliser les flux de patients qui ne sont pas pris en charge au sein du territoire.

Nous proposons deux modèles s'inscrivant dans ce contexte. Dans le premier, l'évaluation du pilotage du parcours des patients considère des affectations définitives de ceux-ci au sein des établissements. Ce n'est pas le cas pour le deuxième.

La modélisation vise à gérer deux ensembles principaux : les établissements de santé pouvant être des centres d'accueil Covid (c'est-à-dire des établissements dont les ressources peuvent avoir pour statut : « activé/désactivé/modifié ») et les patients dont les arrivées et les durées de séjour correspondent à différents scénarios épidémiologiques.

Caractérisation du territoire de santé

Le choix des établissements de santé faisant partie du réseau des « centres d'accueil Covid » et pouvant ainsi être activés, désactivés ou modifiés à chaque étape de l'horizon temporel, se fait en fonction des caractéristiques des hôpitaux membres du groupe hospitalier territorial. Tout d'abord, il faut attribuer à chaque hôpital un niveau de capacité maximale pour chaque unité de traitement. Ce niveau décrit le nombre maximal de lits entièrement équipés qui peuvent être mobilisés en cas d'augmentation de la demande d'hospitalisation de patients contaminés. Il est défini par la capacité maximum d'accueil d'un hôpital (noté MQ_h). Ci-dessous sont précisés les différents paramètres du modèle :

- T , horizon temporel ;
- t , période temporelle ;
- H , ensemble des hôpitaux appartenant au GHT ;
- h , hôpital ;
- Z , ensemble des zones de demande ;
- z , une zone de demande ;
- MQ_h , capacité maximale d'un hôpital h .

Par définition, $MQ_h = 0$ peut être interprété comme l'impossibilité pour une unité hospitalière d'être un centre d'accueil Covid, en raison notamment de l'indisponibilité des ressources requises pour traiter les patients contaminés. Étant donné que les établissements de santé doivent être intégrés de manière dynamique dans le dispositif en fonction de l'évolution de la pandémie, il convient de définir un délai Δh nécessaire pour que l'hôpital h soit équipé pour pouvoir traiter les patients admis, ce délai représente le temps nécessaire pour activé un hôpital en l'amenant à un certain niveau, celui le rendant apte à accueillir des patients contaminés.

De plus, une fois qu'un établissement est activé, son niveau de capacité n'est pas constant. Il peut en effet varier tout au long de l'horizon de décision en fonction des besoins en ressources exprimés par une unité hospitalière pour pouvoir satisfaire la demande. Nous définissons un ensemble de niveaux l qui peuvent être atteints par l'augmentation de la capacité, représentée par le paramètre suivant : q_i = la capacité correspondant au niveau i . La capacité maximale est notée q .

Il est important de noter que ce modèle donne la liberté de « transformer » des hôpitaux « non Covid » en hôpitaux « Covid », et ainsi de modifier la capacité d'accueil des patients : ces décisions induisent des coûts. Ces coûts ne sont pas que pécuniaires, ils peuvent être liés à divers autres facteurs. En effet, l'activation d'un hôpital pour qu'il traite des patients contaminés, ainsi que l'augmentation et le maintien de sa capacité d'admission de tels patients pourraient s'opérer au détriment d'autres activités hospitalières, qui risquent d'être retardées ou annulées afin de faire de la place et libérer du personnel médical qui serait réintégré pour apporter des soins aux malades du Covid. Un autre coût à prendre en considération est celui du transfert des patients entre les établissements. Pour afficher ces coûts, nous définissons les paramètres suivants :

- CO_h , coût (fixe) d'activation d'un hôpital h pour lui permettre d'accueillir des patients contaminés ;

- CM_h , coût unitaire du maintien de l'activation de ce même hôpital h pendant une période donnée ;
- CA , coût unitaire de modification de la capacité d'accueil d'un hôpital ;
- $CT_{z,h}$, coût unitaire du transfert de patients d'une zone de demande z du GHT vers l'hôpital h ($CT_{z,0}$ représentant le coût du refus d'un accueil).

Caractérisation du flux de patients

Notre modélisation s'appuie sur des données territoriales relatives à l'évolution de la pandémie de Covid-19, afin de définir un scénario des arrivées des patients dans chaque zone de demande du GHT, pour chaque période. Il est important de mentionner que la courbe épidémique territoriale sur laquelle nous nous basons pour calculer les taux d'arrivées, est construite à partir du nombre de patients arrivant à chaque période au niveau de l'ensemble du GHT, donc sans spécifier à quelle zone de demande z ces patients sont rattachés.

Nous supposons qu'à chaque période de temps t , le nombre de patients arrivant chaque jour suit une distribution de Poisson de moyenne λ_t . Le volume de patients suivant cette loi est divisé en $|Z|$ flux avec des probabilités q_z . La répartition des flux s'opère selon certains critères propres à chaque zone, comme la densité de population de la zone de demande z . Ainsi, l'on obtient un volume d'arrivées de patients $A_{z,t}$ dans chaque zone, pour chaque période de temps.

Nous définissons également $D_{z,t}$, la demande de la zone z à la période t . Dans le premier modèle, les demandes d'accueil sont définitivement assignées aux hôpitaux à chaque période d'arrivée de patients. Mais, dans le second modèle, cette affectation est reconsidérée à chaque période ; la demande pour une période donnée correspond donc à l'accumulation des demandes enregistrées au titre des périodes précédentes auxquelles s'ajoutent les nouvelles demandes. Nous noterons la durée de séjour LOS .

$$D_{z,t} := \begin{cases} A_{z,t} & \text{dans le modèle 1} \\ \sum_{\tau=1}^t |\{\text{les patients arrivent à } \tau : LOS \geq t - \tau + 1\}| & \text{dans le modèle 2} \end{cases}$$

Modèle à affectation définitive

Pour répondre au problème évoqué ci-dessus, il est proposé un modèle d'optimisation qui détermine, à

chaque période t , le sous-ensemble des établissements de santé qui doivent être ouverts (« activés ») ou fermés (« désactivés »), c'est-à-dire qu'une unité déterminée de cet établissement sera équipée pour recevoir et traiter les patients contaminés ou, au contraire, qu'elle cessera de les admettre. Pour ce faire, nous définissons la variable de décision suivante :

$$N_{h,t} = \begin{cases} 0 & \text{si l'hôpital } h \text{ n'est pas disponible à la période } t; \\ 1 & \text{si l'hôpital } h \text{ est activé à la période } t; \end{cases}$$

En outre, lors de la sélection d'un hôpital pour recevoir des patients contaminés, le modèle détermine également la capacité d'accueil de cet établissement à chaque période t . Ces valeurs seront représentées par les variables de décision suivantes :

$$y_{i,h,t} = \begin{cases} 1 & \text{si la capacité de l'hôpital } h \text{ est fixée au niveau } i \text{ à la période } t; \\ 0 & \text{sinon;} \end{cases}$$

Une autre variable $Q_{h,t} := q_i * y_{i,h,t} \in \{0, \dots, MQ_h\}$ correspond au « niveau de capacité » d'une unité traitant des patients contaminés dans l'hôpital h sur la période t , où q_i est le nombre de lits au niveau i .

En fonction du sous-ensemble d'hôpitaux dont l'ouverture est décidée, des décisions sont prises concernant le transfert de patients d'une zone de demande z vers un hôpital h . Pour modéliser ces décisions, nous définissons la variable $x_{z,h,t}$ comme le ratio des patients de la zone de demande z affectés à l'hôpital h sur la période t . Dans ce qui suit, les deux cas, valeurs binaires et valeurs fractionnaires, sont considérés pour $x_{z,h,t}$. Nous définissons également une variable $S_{h,t}$ pour représenter le nombre de patients encore dans l'hôpital h à la période t .

En tant que fraction d'une distribution de Poisson, les arrivées des patients dans une zone de demande $A_{z,t}$ suivent donc une distribution de même type (une demande qui est égale à la demande d'affectation $D_{z,t}$ dans la zone z à la période t), $S_{h,t}$ suit également une distribution de Poisson avec le paramètre $\lambda_{h,t}$.

Le modèle de décision est formulé comme suit :

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{h \in H} \sum_{t \in T} CO_h * \max\{N_{h,t} - N_{h,t-1}, 0\} + \sum_{h \in H} \sum_{t \in T} CM_h * Q_{h,t} + \\ & \sum_{h \in H} \sum_{t \in T - \{0\}} CA * |Q_{h,t} - Q_{h,t-1}| + \sum_{z \in Z} \sum_{h \in H} \sum_{t \in T} CT_{z,h} * \mathbb{E}[D_{z,t}] * x_{z,h,t} \quad (3) \end{aligned}$$

s.t.

- un délai Δh doit être pris en compte avant de pouvoir faire passer le statut d'un hôpital de « inactif » à « actif » :

$$N_{h,t} = N_{h,0} \quad ; \quad \forall h \in H, \quad ; \quad 1 \leq t < \Delta_h \quad (4)$$

- à chaque période t , la capacité de l'hôpital h est déterminée par le niveau q_i auquel elle est fixée :

$$Q_{h,t} = \sum_i q_i * y_{i,h,t} \quad ; \quad \forall h \in H, t \in T \quad (5)$$

- la capacité de l'hôpital h ne peut pas être fixée à des niveaux différents au cours de la même période t :

$$\sum_i y_{i,h,t} = N_{h,t} \quad ; \quad \forall h \in H, t \in T \quad (6)$$

- la valeur attendue de la demande en z à la période t est égale à :

$$\mathbb{E}[D_{z,t}] = \mathbb{E}[A_{z,t}] \quad ; \quad \forall z \in Z, t \in T \quad (7)$$

- la valeur attendue au regard du nombre de patients traités à l'hôpital h à la période t est égale à la somme des valeurs attendues des arrivées de patients (rappelez que $A_{z,t} = D_{z,t}$ dans ce modèle) transférés à l'hôpital h , en tenant compte des probabilités de leur durée de séjour.

$$\begin{aligned} \mathbb{E}[S_{h,t}] &= \lambda_{h,t} = \sum_{z \in Z} \sum_{\tau=0}^{\min\{\bar{t},t\}-1} \mathbb{E}[D_{z,t-\tau}] * P(LOS \geq \tau + 1) * x_{z,h,t-\tau} \\ &= \sum_{z \in Z} \sum_{\tau=0}^{\min\{\bar{t},t\}-1} \mathbb{E}[A_{z,t-\tau}] * P(LOS \geq \tau + 1) * x_{z,h,t-\tau} \quad ; \quad \forall h \in H, t \in T \end{aligned} \quad (8)$$

$$\sum_{h \in H} x_{z,h,t} = 1 \quad ; \quad \forall z \in Z, t \in T \quad (9)$$

$$x_{z,h,t} \leq N_{h,t} \quad ; \quad \forall z \in Z, h \in H, t \in T \quad (10)$$

- la contrainte (10) impose que le nombre de patients traités à l'hôpital h à la période t ne dépasse pas le niveau de capacité de celui-ci, avec une probabilité qui vérifie, pour un α donné :

$$P[S_{h,t} \leq Q_{h,t}] \geq 1 - \alpha \quad (11)$$

Soit λ_{α,q^i} la valeur attendue du stock suivant une distribution de Poisson des patients pour laquelle la contrainte (11) est vérifiée avec une égalité $P[S_{h,t} = q] = 1 - \alpha$.

La contrainte linéaire est construite à l'aide de ce préprocesseur :

$$\mathbb{E}[S_{h,t}] \leq \sum_{i \in I - \{0\}} \lambda_{\alpha,q^i} * y_{i,h,t} + \lambda_{\alpha,q^0} * (1 - N_{h,t}) \quad ; \quad \forall h \in H - \{h_0\}, t \in T \quad (12)$$

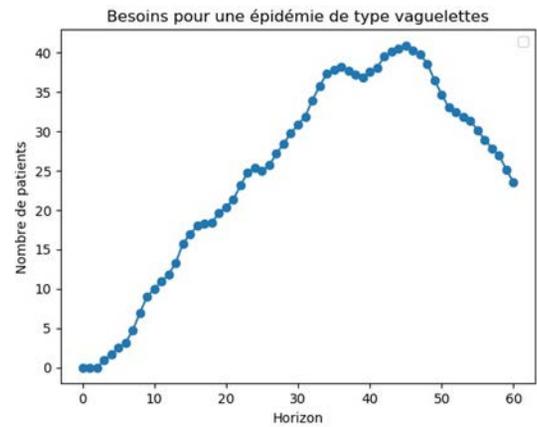
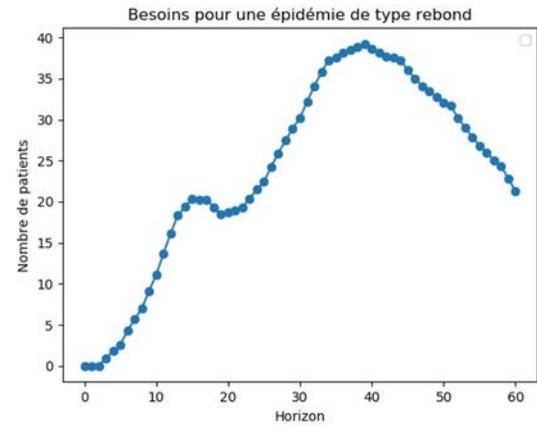
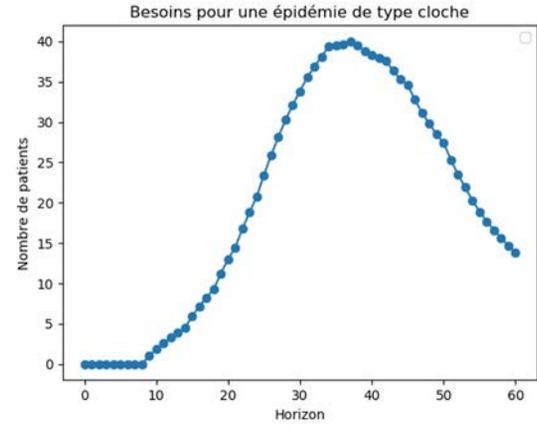


Figure 3 : Scénarios épidémiques.

Pour une valeur fixée de α et pour chaque niveau de capacité q_p , l'objectif est de calculer λ_{α, q_p}

Notons $F_{\alpha, q}(\lambda) = P[P(\lambda) \leq q]$ la fonction décroissante de λ pour des valeurs données de α et q . Pour chaque $q = q_p, i \in I$, une approche dichotomique de la valeur de λ converge vers $\lambda_{\alpha, q}^*$, telle que $F_{\alpha, q}(\lambda^*) = 1 - \alpha$.

Modèle à réaffectations

Contrairement au modèle précédent, la variable $D_{z,t}$ représentant le nombre de patients (la demande) dans

la zone z à la période t , correspond ici à un cumul sur l'ensemble des périodes précédentes des arrivées de patients dont le séjour n'est pas arrivé à son terme. Cela peut être décrit comme le retour desdits patients dans leurs zones de demande respectives après chaque période de temps, à l'exception de ceux ayant quitté l'hôpital.

La fonction objectif est formulée comme suit :

$$\begin{aligned} \min \sum_{h \in H} \sum_{t \in T} CO_h * \max\{N_{h,t} - N_{h,t-1}, 0\} + \sum_{h \in H} \sum_{t \in T} CM_h * Q_{h,t} + \\ \sum_{h \in H} \sum_{t \in T - \{0\}} CA * |Q_{h,t} - Q_{h,t-1}| + \sum_{z \in Z} \sum_{h \in H} \sum_{t \in T} CT_{z,h} * \mathbb{E}[D_{z,t}] * x_{z,h,t} \end{aligned} \tag{13}$$

Dans ce modèle, la demande attendue de patients – $\mathbb{E}[D_{z,t}]$ – et le stock attendu de patients – $\mathbb{E}[S_{h,t}]$ – sont calculés à l'aide des équations suivantes, lesquelles remplacent les contraintes (7) et (8) du modèle précédent :

$$\mathbb{E}[D_{z,t}] = \sum_{\tau=0}^{\min\{\bar{t}, t\}-1} \mathbb{E}[A_{z,t-\tau}] * P(LOS \geq \tau + 1) \quad ; \quad ; \forall z \in Z, t \in T \tag{14}$$

$$\begin{aligned} \mathbb{E}[S_{h,t}] &= \sum_{z \in Z} \mathbb{E}[D_{z,t}] * x_{z,h,t} \\ &= \sum_{z \in Z} \sum_{\tau=0}^{\min\{\bar{t}, t\}-1} \mathbb{E}[A_{z,t-\tau}] * P(LOS \geq \tau + 1) * x_{z,h,t} \quad ; \quad ; \forall h \in H, t \in T \end{aligned} \tag{15}$$

RÉSULTATS DU MODÈLE À CAPACITÉ UNIFIÉ

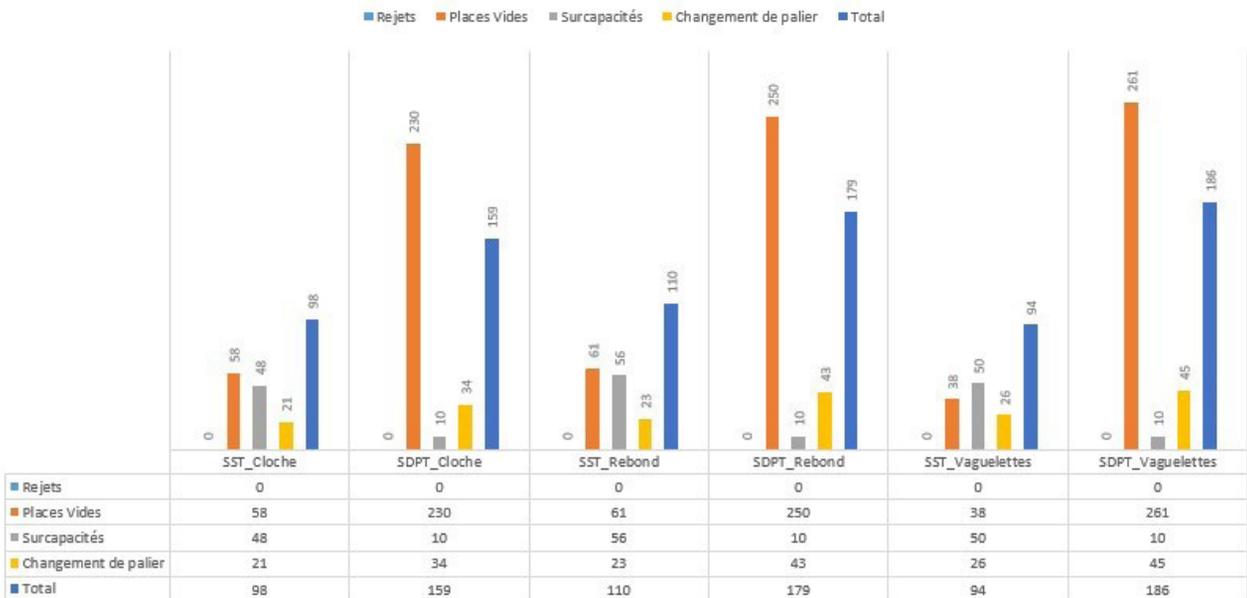


Figure 4 : Résultats des expérimentations numériques pour le modèle à capacité unifiée.

Expérimentations numériques

Données et paramétrages

Nos expérimentations mettent en œuvre les trois scénarios épidémiques suivants (voir les trois courbes de la Figure 3 de la page 68). Ceux-ci correspondent à peu près aux trois premières vagues de la Covid-19 que la France a subies.

Nous précisons que pour construire ces courbes, nous avons retenu une durée de séjour suivant une loi log-normale de moyenne de douze jours.

Performances des modèles

Modèle à capacité unifiée

Ce modèle propose plusieurs stratégies présentant des fonctionnements différents (statique (SS) ou dynamique (SD)) et reposant sur deux politiques d'évaluation (totale (T) ou partielle (P)). Ces deux stratégies ont été comparées en les appliquant sur les trois scénarios épidémiques précités. Les résultats de cette comparaison (voir la Figure 4 de la page précédente) ont été obtenus sur la base de la configuration suivante :

- un horizon de temps à 61 jours ;
- la fréquence entre les jours de prise de décision (jours où est décidé un changement de niveau de la capacité d'accueil) ;
- ce changement de capacité est effectif à partir du lendemain du jour de la prise de décision.

Les résultats restitués dans cette Figure 4 montrent que la stratégie dynamique est dans tous les cas moins efficace que la stratégie statique. De nos résultats, il ressort que même dans des conditions réalistes (avec une fréquence de prise de décision tous les trois jours) et optimales (avec une mise en place très rapide de la capacité), la SDP (stratégie dynamique partielle) reste une mauvaise option, et ce même si la prévision des arrivées est de bonne qualité sur l'ensemble de l'horizon.

Ces résultats montrent, au contraire, que l'approche statique mise en place est performante pour aboutir à de bonnes prévisions. Les futures expérimentations se concentreront sur la mise en œuvre de cette stratégie en adoptant un horizon glissant. Le but sera de déterminer non seulement les impacts de la qualité de la prévision sur les modèles, mais aussi la taille de l'horizon sur lequel travailler en fonction de la qualité de la solution et du paramétrage désirée par les hôpitaux pour optimiser leur prise de décision. Ces futures expérimentations seront basées sur la qualité prévisionnelle définie par l'Institut Pasteur.

Modèle à capacités réparties

Dans le cas de la modélisation à capacités réparties, un plan d'expérimentation préliminaire a été élaboré dans le but d'observer le comportement de nos modèles ainsi que d'analyser l'impact de certains paramètres sur les stratégies de (re)déploiement des capacités hospitalières.

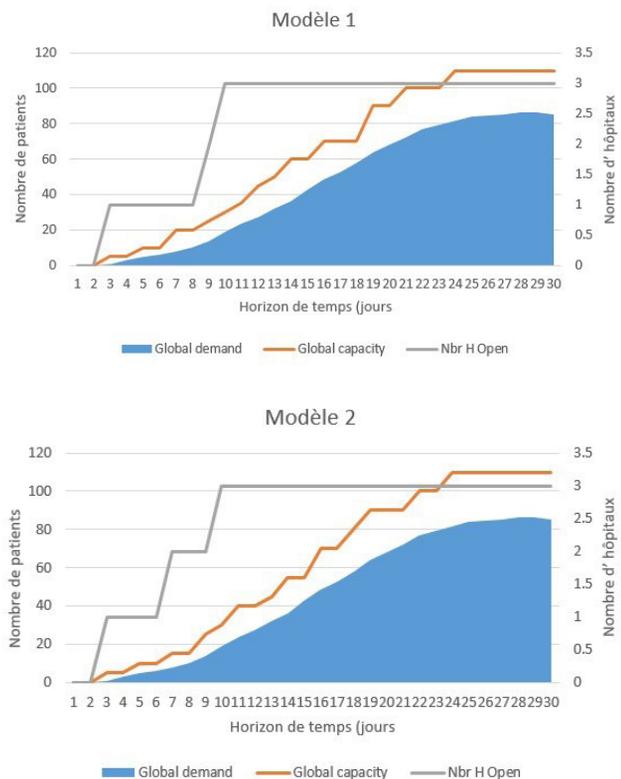


Figure 5 : Comparaison entre les stratégies de déploiement de capacités mises en place selon les modèles 1 et 2.

La Figure 5 ci-dessus décrit l'évolution, sur une instance de 30 jours, de la capacité globale d'accueil de cinq hôpitaux, pour cinq zones de demande, au travers des décisions prises sur la base des stratégies présentées dans la section précédente. À travers l'exemple restitué dans cette figure ainsi que plusieurs tests réali-

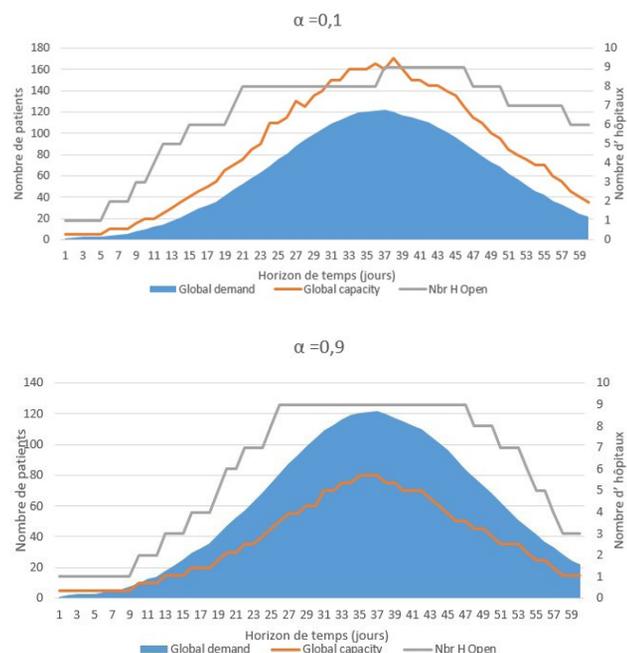


Figure 6 : Effet du choix de la valeur du paramètre α sur les décisions de déploiement des capacités hospitalières.

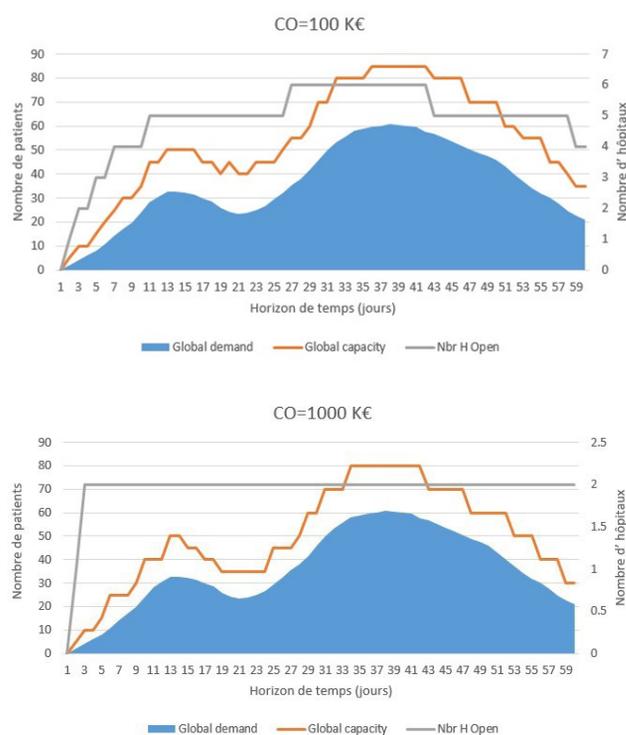


Figure 7 : Comparaison des solutions obtenues pour deux valeurs différentes du coût fixe d'ouverture d'un établissement.

sés sur d'autres instances, nous démontrons que si les décisions d'ouverture ou de fermeture d'établissements sont prises de façon distincte selon les deux modèles envisagés, l'évolution de la capacité globale d'accueil reste cependant assez proche.

Comme expliqué précédemment, le niveau d'occupation des unités hospitalières est contraint par un paramètre α . La Figure 6 de la page précédente illustre l'impact de ce dernier sur les décisions d'ouverture d'établissements ainsi que sur le choix des niveaux de capacités. L'appréciation de cette incidence s'opère sur la base de deux valeurs différentes de α , dont l'une est proche de 1 qui correspond à un seuil faible en termes de niveaux de capacités. Cela garantit que si la proportion des patients admis reste en dessous de ce seuil, des places se trouvent ainsi libres pour servir à d'autres activités (ce qui est la pratique habituelle des services de soins). Si une telle situation réduit les coûts liés aux niveaux de capacités en lits, elle augmente cependant les rejets de patients.

Dans la figure 7 ci-dessus, sont comparées deux solutions obtenues pour deux valeurs du coût fixe d'ouverture d'un établissement. Attribuer une valeur assez grande à ce coût n'impacte pas de manière significative l'évolution de la capacité globale d'accueil. On peut également observer que celle-ci peut être atteinte en mobilisant moins d'établissements sur la quasi-totalité de l'horizon temporel. Cependant, cela peut entraîner plus de rejets de patients lors de certaines périodes, ainsi qu'une augmentation du coût lié à l'affectation de ces derniers, qui s'explique par un manque de recouvrement entre les zones de demande.

Conclusion

Adapter la capacité hospitalière aux besoins paraît inéluctable en cas de crise sanitaire pour éviter toute surchauffe du système et une pause trop longue dans les activités médicales non liées à l'épidémie en cours.

Une gestion multi-sites et dynamique s'impose pour pouvoir s'adapter aux aléas épidémiologiques, mais aussi aux évolutions comportementales des individus et décisionnelles des gouvernements.

Cependant, les organisations hospitalières ont besoin de planifier à l'avance les déploiements importants de capacités. Dans notre étude, nous nous sommes focalisés sur la nécessité d'accroître le nombre des lits en réanimation, ce qui implique de mobiliser toute une série de ressources pour pouvoir augmenter ces capacités.

Les problèmes liés à l'optimisation des décisions sous-jacentes à la mise en place de tels systèmes sont particulièrement difficiles à résoudre. Nous avons donc proposé des simplifications en termes de modélisation, comme l'agrégation des capacités de plusieurs hôpitaux. Cependant, une résolution efficace des problèmes rencontrés en répondant à nombre de caractéristiques de ceux-ci, notamment les incertitudes sur les flux, repose sur une exploitation fine des propriétés de répartition des besoins et de la mesure de la satisfaction de la demande. L'exploitation de résultats d'analyse des files d'attente et le recours à des techniques de modélisation linéaire en nombres entiers nous ont permis de proposer des méthodes permettant de concevoir en quelques minutes seulement des solutions pour pouvoir élaborer des plans d'optimisation des capacités appelés à s'appliquer sur plusieurs semaines.

Outre l'élaboration d'un plan d'expérience plus étendu pour affiner les conclusions de nos premiers résultats préliminaires, il nous reste encore plusieurs sujets à aborder dans le cadre de notre recherche. En premier lieu, le parcours des patients pourrait être plus intégré à certaines des étapes amont de l'hospitalisation et aval des soins de suite.

Un système plus complet d'aide à la décision pourrait être mis en place grâce à une exploitation de nos outils, notamment pour élaborer des plans d'utilisation de ressources hospitalières se déclinant sur un large spectre, des ressources à la fois humaines et matérielles.

Enfin, il pourrait être opérée une comparaison entre les différents guides généraux de déploiement des ressources (centralisées *versus* distribuées) en recourant à une partie de nos outils. De même, ces derniers pourraient permettre de dégager les meilleurs compromis en fonction des différents types d'épidémies identifiés.

Références bibliographiques

ALBAN A., CHICK S. E., DONGELMANS D. A., VLAAR A. P. J. & SENT D. (2020a), "Icu capacity management during the Covid-19 pandemic using a process simulation", *Intensive Care Medicine* 46(8), pp. 1624-1626.

- ALBAN A., CHICK S. E., DONGELMANS D. A., VLAAR A. P. J., SENT D. & GROUP S. (2020b), "Icu capacity management during the covid-19 pandemic using a process simulation", *Intensive Care Medecine*.
- ARABI Y. M., MURTHY S. & WEBB S. (2020), "Covid-19: a novel coronavirus and a novel challenge for critical care", *Intensive Care Medicine* 46(5), pp. 833-836.
- COULOIGNER V., SCHMERBER S., NICOLLAS R., COSTE A., BARRY B., MAKEIEFF M., BOUDARD P., BEQUIGNON E., MOREL N. & LESCANNE E. (2020), « Covid-19 et chirurgie ORL », *Annales françaises d'oto-rhino-laryngologie et de pathologie cervico-faciale* 137(3), pp. 152-157.
- CURRIE C. S., FOWLER J. W., KOTIADIS K., MONKS T., ONGGO B. S., ROBERTSON D. A. & TAKO A. A. (2020), "How simulation modelling can help reduce the impact of Covid-19", *Journal of Simulation* 14(2), pp. 83-97.
- MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SOLIDARITÉS (2006), « Plan blanc et gestion de crise – Guide d'aide à l'élaboration des plans blancs élargis et des plans blancs des établissements de santé ».
- DEFRANCQ F., VAN OOST S., LEMTIRI J., FONTAINE S., MAISONNEUVE A., LAMBIOTTE F. & ELBEKI N. (2020), « Prise en charge Covid-19 au sein des soins critiques du plus important centre hospitalier général de France : comment la coordination urgences, réanimation et anesthésie a permis de gérer avec succès l'épidémie de coronavirus sur le territoire valenciennois ? », *Anesthésie & Réanimation* 6(5), pp. 440-454.
- MINISTÈRE DES AFFAIRES SOCIALES, DE LA SANTÉ ET DES DROITS DES FEMMES – DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SANTÉ (2014), « Aide à l'organisation de l'offre de soins en situations sanitaires exceptionnelles ».
- EICK S. G., MASSEY W. A. & WHITT W. (1993), "The physics of the $m/g/\infty$ queue", *Operations Research* 41(4), pp. 731-742.
- EL-HAGE W., HINGRAY C., LEMOGNE C., YRONDI A., BRUNAUT P., BIENVENU T., ETAIN B., PAQUET C., GOHIER B., BENNABI D., BIRMES P., SAUVAGET A., FAKRA E., PRIETO N., BULTEAU S., VIDAILHET P., CAMUS V., LEBOYER M., KREBS M.-O. & AOUIZERATE B. (2020), « Les professionnels de santé face à la pandémie de la maladie à coronavirus (Covid-19) : quels risques pour leur santé mentale ? », *L'Encéphale* 46(3), Supplément, S73–S80, Covid-19 et psychiatrie en France.
- EL-RIFAI W., GARAIX T., AUGUSTO V. & XIE X. (2015), "A stochastic optimization model for shift scheduling in emergency department, Health Care", *Management Science* 18/3, pp. 289-302, SSCI, IF:1.172.
- FAKHRY N., SCHULTZ P., MORINIÈRE S., BREUSKIN I., BOZEC A., VERGEZ S., DE GARBORY L., HARTL D., TEMAM S. E., LESCANNE V. C., BARRY B., SFORL & SFCCF (2020), « Consensus français sur la pratique de la chirurgie oncologique ORL pendant la pandémie de Covid-19 », *Annales françaises d'oto-rhino-laryngologie et de pathologie cervico-faciale* 6796(3), pp. 147-225.
- GAGLIANO A., VILLANI P. G., CO' F. M., MANELLI A., PAGLIA S., BISAGNI P. A. G., PEROTTI G. M., STORTI E. & LOMBARDO M. (2020), "Covid-19 epidemic in the middle province of northern italy: Impact, logistics, and strategy in the first line hospital", *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, pp. 1-5.
- GRASSELLI G., PESENTI A. & CECCONI M. (2020), "Critical care utilization for the Covid-19 outbreak in Lombardy, Italy: early experience and forecast during an emergency response", *Jama* 323(16), pp. 1545-1546.
- KLEIN M. G., CHENG C. J., LII E., MAO K., MESBAHI H., ZHU T., MUCKSTADT J. A. & HUPERT N. (2020), "Covid-19 models for hospital surge capacity planning: A systematic review", *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, pp. 1-8.
- LACASA L., CHALLEN R., BROOKS-POLLOCK E. & DANON L. (2020), "A flexible method for optimising sharing of healthcare resources and demand in the context of the Covid-19 pandemic", *PLOS ONE* 15(10):e0241027.
- MCCABE R. and al. (2020), "Adapting hospital capacity to meet changing demands during the Covid-19 pandemic", *BMC Medecine*.
- MEHROTRA S., RAHIMIAN H., BARAH M., LUO F. & SCHANTZ K. (2020), "A model of supply-chain decisions for resource sharing with an application to ventilator allocation to combat Covid-19", *Naval Research Logistics (NRL)* 67(5), pp. 303-320.
- NONATO L. G., PEIXOTO P., PEREIRA T., SAGASTIZ'ABAL C. & SILVA P. J. (2022), "Robot dance: A mathematical optimization platform for intervention against Covid-19 in a complex network", *EURO Journal on Computational Optimization*, 10:100025.
- PHUA J., WENG L., LING L., EGI M., LIM C.-M., DIVATIA J. V., SHRESTHA B. R., ARABI Y. M., NG J., GOMERSALL C. D., NISHIMURA M., KOH Y. & DU B. (2020), "Intensive care management of coronavirus disease 2019 (Covid-19): challenges and recommendations".
- WEISSMAN G. E. et al. (2020), "Locally informed simulation to predict hospital capacity needs during the Covid-19 pandemic", *Annals of Internal Medicine* 173(8), pp. 680-681, PMID: 33075245.
- WHO (2021), "Covid-19 strategic preparedness and response plan".
- XIE J., TONG Z., GUAN X., DU B., QIU H. & SLUTSKY A. S. (2020), "Critical care crisis and some recommendations during the Covid-19 epidemic in China", *Intensive Care Medicine* 46(5), pp. 837-840.
- ZHANG T., MCFARLANE K., VALLON J., YANG L., XIE J., BLANCHET J., GLYNN P., STAUDENMAYER K., SCHULMAN K. & SCHEINKER D. (2020), "A model to estimate bed demand for Covid-19 related hospitalization", *medRxiv*.

Propos introductifs au chapitre « Les mentalités et les idées »

Par Xavier GUCHET

Université de technologie de Compiègne

La pandémie de Covid-19 présente toutes les caractéristiques de ce que le philosophe Timothy Morton appelle des hyperobjets. Par ce terme, Morton désigne des réalités globales, massivement distribuées dans l'espace et dans le temps, qui ne se laissent pas appréhender comme des objets familiers. On peut en donner plusieurs exemples : le CO₂ ; la biodiversité ; le plastique...

La pandémie de Covid-19 possède ainsi les principales caractéristiques de ces hyperobjets :

- la viscosité : on ne peut pas mettre les hyperobjets à distance, comme on peut le faire d'un objet classique. On ne peut pas l'examiner dans son entièreté, en en faisant le tour, comme un sujet peut le faire avec un objet qui est posé face à lui. Les hyperobjets nous collent à la peau et nous collons à eux, nous ne pouvons en saisir que des manifestations partielles. Ainsi, la pandémie s'est manifestée par des aspects à chaque fois particuliers – la mortalité dans les hôpitaux et les EHPAD, l'épuisement des soignants, le nécessaire soutien à l'activité économique, les défaillances de nos industries de santé, les relations entre l'expertise scientifique et médicale et la décision politique, etc. –, sans qu'il soit possible d'appréhender tous ces aspects dans une expérience et en ayant une connaissance complète ;
- la non-localité : les hyperobjets sont insituables dans l'espace et dans le temps. Ils traversent les échelles d'espace et de temps. Il est impossible d'en délimiter avec précision les contours aussi bien spatialement que temporellement : nul ne peut dire où commence et où finit la pandémie ;
- l'oscillation temporelle : les hyperobjets manifestent leur existence par intermittence. Ainsi, la pandémie ne s'est pas imposée tout le temps avec la même intensité ;
- l'interobjectivité : la pandémie a été reliée à d'autres hyperobjets, notamment au réchauffement climatique. Ces relations entre hyperobjets constituent le monde dans lequel nous vivons. Le monde classiquement conçu comme horizon de nos savoirs et de toute expérience possible a disparu soutient Morton : nous évoluons désormais dans le réseau que forment les hyperobjets, ceux-ci constituent désormais toute la réalité.

Aux quatre précédentes, il faudrait ajouter une cinquième caractéristique : l'enchevêtrement de temporalités hétérogènes. Dans le cas de la pandémie, on peut mentionner la temporalité des phénomènes biologiques (par exemple, mutations successives du virus ou durée d'incubation de la maladie) ; la temporalité épidémiologique (contagiosité variable selon les variants ; impacts de la priorité accordée à la prise en charge des malades Covid au détriment du suivi des maladies chroniques notamment, mais aussi impacts de la déprogrammation des opérations « non urgentes » au plus fort de la crise, sur la santé des populations) ; la temporalité du politique, notamment avec la priorité donnée au court-terme ; la temporalité psychosociale : sur ce dernier point, quels seront les effets des confinements sur les individus, dans le temps long ?

Parce qu'elle a toutes les caractéristiques d'un hyperobjet, la pandémie n'est pas un événement borné dans le temps, que nous pourrions mettre à distance et dont nous pourrions faire un inventaire exhaustif des conséquences. Nous sommes aujourd'hui *dans* la pandémie, un milieu au sein duquel nous sommes désormais amenés à évoluer.

Les contributions figurant dans cette partie intitulée « Mentalités et idées » traitent de divers aspects de l'hyperobjet « Pandémie Covid-19 ». Elles éclairent ce phénomène global et « visqueux » au travers d'aspects à chaque fois spécifiques et nécessairement partiels : les fragilités de l'industrie du médicament et des dispositifs médicaux en Europe et, en particulier, en France ; les impacts de la pandémie sur la santé globale de la population ; le vécu des confinements et les conséquences psychologiques de ces derniers ; le fonctionnement de l'expertise scientifique et médicale et son rôle dans les prises de décisions politiques en matière de santé publique ; la construction de l'acceptabilité sociale des mesures sanitaires en l'absence de participation des publics concernés (c'est-à-dire tout le monde) aux décisions ; la nécessaire reconsidération de nos rapports à la nature et aux êtres vivants dans leur ensemble.

En filigrane de ces contributions, se dégage un constat qui constitue peut-être l'enseignement majeur de la pandémie de Covid-19 : s'il semble aller de soi que la vie est devenue une valeur à défendre coûte que coûte, s'en tenir à cette formulation générale comme argument éthique imparable est de peu de secours, dès lors que l'objectif

de « défendre la vie » peut lui-même amener à de redoutables conflits de valeurs morales. Si l'on a pu, dans un premier temps, se satisfaire de voir la vie l'emporter sur les considérations économiques, force est de constater que c'est, *in fine*, la défense de la vie elle-même qui a fait l'objet d'arbitrages difficiles, et inévitablement discutables : confiner, ce n'est pas seulement préserver la vie au prix d'un ralentissement de l'activité économique, ce peut l'être aussi au prix d'une détérioration à grande échelle de la santé psychique des individus, suite à la limitation drastique des mobilités et des échanges sociaux. Ralentir la vie économique pour protéger la vie tout court, cela peut aussi conduire à plonger une partie de la population dans l'angoisse et le stress, et donc finalement à porter atteinte à la vie. Accorder la priorité à la prise en charge des malades Covid au détriment des autres prises en charge thérapeutiques, c'est entraîner des retards de diagnostic, donc des pertes de chance, et, *in fine*, cela risque de se traduire par une détérioration de l'état de santé global de la population. Protéger les personnes vulnérables, par exemple en limitant considérablement les visites en EHPAD, c'est fragiliser encore davantage ces personnes en les coupant de leurs proches : de nouveau, c'est la vie elle-même qui pâtit des mesures prises pour « la défendre ».

Bien sûr, il n'était pas acceptable d'en arriver à un point où les services de réanimation et les hôpitaux n'auraient tout simplement plus été en capacité de prendre en charge des patients Covid. Laisser quelqu'un mourir sur le trottoir, devant l'hôpital, voilà qui était inenvisageable. C'est incontestable. Cependant, considérer l'absence de soins comme moralement inacceptable – ce avec quoi on peut difficilement ne pas être d'accord – n'aurait peut-être pas dû empêcher un débat sur les conflits de valeurs qui traversent un objectif en apparence indiscutable et monolithique, mais qui est en réalité très complexe : à savoir celui de « défendre la vie ». En somme, les valeurs multiples et possiblement conflictuelles qui se rattachent à la « vie » n'ont sans doute pas été publiquement débattues lors de cette pandémie comme elles auraient dû l'être.

La Covid-19 et ses impacts psychologiques

Par Alexis VANCAPPEL, Eline JANSEN et Wissam EL-HAGE

Clinique psychiatrique universitaire du CHRU de Tours

Dans cet article, nous abordons l'impact psychologique de la pandémie de Covid-19. Cette pandémie a en effet entraîné un bouleversement de nos modes de vie depuis le 11 mars 2020. Pour limiter la circulation du virus, tous les gouvernements ont pris diverses mesures de confinement avec, *de facto*, des conséquences individuelles, sociales, culturelles, économiques, environnementales... et psychologiques. Ces changements ont entraîné une perturbation de la santé mentale au sein de la population générale, et plus particulièrement auprès de certaines catégories de la population : les enfants, les adolescents, les étudiants, les professionnels de santé et les patients souffrant de troubles psychiatriques. Nous avons ainsi observé dans ces groupes de personnes une augmentation significative des symptômes anxieux, des symptômes thymiques et des idéations suicidaires.

Introduction

Le 21 janvier 2020, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a publié son premier rapport relatif à la Covid-19, faisant alors état d'une pandémie qui persiste encore à ce jour. Comme de nombreux pays, la France a été touchée, déplorant, au 17 décembre 2021, 121 171 décès liés à la Covid-19 (Santé publique France, 2021).

La diffusion du virus et de ses nouveaux variants a eu de multiples conséquences, notamment sanitaires, sociales et économiques (confinements, couvre-feux, fermeture de certains établissements...), constituant autant de facteurs de risque propices au développement de difficultés psychologiques. Cette crise a ainsi engendré des difficultés psychologiques de manière large en population générale. On a observé de telles difficultés dans la population adulte, mais aussi chez les enfants et les adolescents. De plus, certaines catégories de la population semblent plus à risque de développer des difficultés psychiques dans ce contexte : les étudiants, les professionnels de santé et les patients souffrant de troubles psychiatriques. Ces difficultés plus importantes sont probablement liées à divers facteurs : le degré d'impact de la crise sanitaire de la Covid-19 dans la vie de tous les jours, le niveau d'exposition à la Covid-19 ou encore une vulnérabilité préexistante.

Impact de la Covid-19 en population générale

Les adultes

La pandémie de Covid-19 a eu des conséquences négatives dans nos vies au quotidien. On a observé notamment une augmentation des violences (Ertan *et al.*, 2020), un accroissement du nombre des divorces,

une perturbation des rythmes circadiens (Yang *et al.*, 2021), l'arrêt d'activités plaisantes ou encore l'isolement social (Groarke *et al.*, 2020). Tous ces bouleversements ont entraîné chez des Français des difficultés d'adaptation (Vancappel, Jansen, Bachem *et al.*, 2021). De manière plus globale, les résultats des études mettent en avant une prévalence augmentée des symptômes de stress, de dépression, d'anxiété et des troubles du comportement alimentaire (compulsions et restriction alimentaire) durant la période de pandémie de Covid-19 (Flaudias *et al.*, 2020 ; Wathélet *et al.*, 2020). Ces difficultés sont concordantes avec les résultats des études internationales qui montrent une prévalence moyenne de 33 % de symptômes anxieux et de 28 % de symptômes dépressifs en population générale (Luo *et al.*, 2020), marquant une augmentation par rapport aux prévalences usuelles.

Les enfants et les adolescents

En plus des difficultés observées chez les adultes, les chercheurs ont également identifié un retentissement de la Covid-19 chez les enfants et les adolescents. En effet, la Covid-19 a perturbé le fonctionnement classique des écoles ponctué par des périodes répétées et prolongées d'enseignement à distance. Cette perturbation a modifié l'environnement habituel des jeunes les privant du contact avec leurs pairs et complexifiant leur apprentissage. Ainsi, on constate la présence majorée de symptômes anxieux et dépressifs chez les enfants et les adolescents en période de pandémie. Les chercheurs ont également montré l'effet bénéfique du maintien des contacts sociaux et d'un bon climat familial sur le bien-être psychologique de la population des plus jeunes durant cette période de crise sanitaire (Araújo *et al.*, 2020 ; Figueiredo *et al.*, 2020 ; Purper-Ouakil, 2021).

Populations à risque

Les étudiants

De par leur isolement social important durant les périodes de confinement, les étudiants ont été particulièrement à risque de développer des difficultés psychiques durant ces périodes d'isolement imposées par la pandémie. Cela s'est traduit par une prévalence plus importante des symptômes anxieux et dépressifs chez les étudiants comparativement à la population générale. En ce sens, les résultats d'une étude chinoise suggèrent une prévalence de 39 % de symptômes dépressifs et de 36 % de symptômes anxieux dans la population considérée (Li, Wang, Wu, Han et Huang, 2021). Des résultats similaires ont été observés pour cette même catégorie de la population française (Charbonnier, Le Vigouroux et Goncalves, 2021).

Les professionnels de santé

Du fait de leur travail, les professionnels de santé ont été exposés au quotidien à cette crise sanitaire, et particulièrement à un risque accru d'infection par le Sars-Cov-2 et aux risques psycho-sociaux associés. La répétition de la mise en œuvre des plans blancs dans des hôpitaux déjà sous tension a entraîné un stress organisationnel, une surexposition à l'agent infectieux en termes de morbi-mortalité et une surcharge de travail chronique pour des professionnels de santé devant faire face à la pandémie (El-Hage *et al.*, 2020). Les résultats des études réalisées suggèrent que la pandémie de Covid-19 a entraîné une augmentation des symptômes d'épuisement professionnel et de réactions psychotraumatiques (El Haj *et al.*, 2020 ; Vancappel, Jansen, Ouhmad *et al.*, 2021 ; Woon *et al.*, 2021). L'augmentation de ces symptômes a entraîné dernièrement une vague de démissions chez les professionnels de santé (*Le Figaro, La Croix*, 2021) et une augmentation du taux d'absentéisme dans les hôpitaux français. Du point de vue psychologique, les études internationales confirment l'impact négatif de la pandémie avec des prévalences élevées chez les professionnels de santé de l'anxiété (34,4 %), de la dépression (31,8 %), du stress post-traumatique (40,3 %) et des *burn-out* (37,4 %) (Batra *et al.*, 2020).

Les personnes souffrant de troubles psychiatriques

La pandémie de Covid-19 a aussi eu des conséquences particulières sur les patients souffrant d'un trouble psychiatrique antérieurement à la pandémie (Al-Mutawa et Al-Mutairi, 2021 ; Gibert *et al.*, 2021 ; Kurose *et al.*, 2021 ; Pham-Scottet *et al.*, 2020). Ces personnes, déjà vulnérables sur le plan psychique, ont pu présenter des difficultés accrues en lien avec la pandémie (Hao *et al.*, 2020). Ainsi, les restrictions sanitaires semblent avoir majoré les conduites d'évitement des patients anxieux et les conduites d'isolement des patients déprimés. Sur ce point, les chercheurs ont identifié que les personnes présentant une problématique psychiatrique avant l'apparition de la Covid-19 présentaient des niveaux plus importants de troubles en termes de dépression, d'anxiété générale, d'anxiété spécifique relative à la

Covid-19 (Asmundson *et al.*, 2020 ; González-Blanco *et al.*, 2020) et de suicidalité (Berardelli *et al.*, 2021).

Conclusion

La pandémie de Covid-19 est à l'origine de difficultés psychologiques variées au sein de la population générale aussi bien adulte, qu'enfantine et adolescente, et plus particulièrement chez les étudiants, les professionnels de santé et les patients souffrant de troubles psychiatriques. Des enseignements doivent être tirés de cette crise majeure sur les plans sanitaire, économique, numérique..., mais aussi à l'échelle individuelle pour apporter le soutien social requis dans le but de réduire les facteurs de risque associés aux difficultés psychologiques liées à ce type de crises et favoriser la prévention au travers de programmes spécifiques.

Références bibliographiques

- AL-MUTAWA N. & AL-MUTAIRI N. (2021), "Impact of Covid-19 pandemic and lockdown measures on the mental health of the general population in the Gulf cooperation council states: a cross-sectional study", *Frontiers in Psychiatry* 12, 801002, <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.801002>
- DE ARAUJO L. A., VELOSO C. F., DE CAMPOS SOUZA M., COELHO DE AZEVEDO J. M. & TARRO G. (2020), "The potential impact of the Covid-19 pandemic on child growth and development: a systematic review", *Jornal De Pediatria* 97(4), pp. 369-377, <https://doi.org/10.1016/j.jped.2020.08.008>
- ASMUNDSON G. J. G., PALUSZEK M. M., LANDRY C. A., RACHOR G. S., MCKAY D. & TAYLOR S. (2020), "Do pre-existing anxiety-related and mood disorders differentially impact Covid-19 stress responses and coping?", *Journal of Anxiety Disorders* 74, 102271, <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2020.102271>
- BATRA K., SINGH T. P., SHARMA M., BATRA R. & SCHVANEVELDT N. (2020), "Investigating the psychological impact of Covid-19 among healthcare workers: a meta-analysis", *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(23), E9096, <https://doi.org/10.3390/ijerph17239096>
- BERARDELLI I., SARUBBI S., ROGANTE E., CIFRODELLI M., ERBUTO D., INNAMORATI M., LESTER D. & POMPILI M. (2021), "The impact of the Covid-19 pandemic on suicide ideation and suicide attempts in a sample of psychiatric inpatients", *Psychiatry Research* 303, 114072, <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2021.114072>
- EL-HAGE W., HINGRAY C., LEMOGNE C., YRONDI A., BRUNAUT P., BIENVENU T., ETAIN B., PAQUET C., GOHIER B., BENNABI D., BIRMES P., SAUVAGET A., FAKRA E., PRIETO N., BULTEAU S., VIDAILHET P., CAMUS V., LEBOYER M., KREBS M. O. & AOUIZERATE B. (2020), « Les professionnels de santé face à la pandémie de la maladie à coronavirus (Covid-19) : quels risques pour leur santé mentale ? », *Encephale* 46(3S), S73-S80, <https://doi.org/10.1016/j.encep.2020.04.008>
- EL HAJ M., ALLAIN P., ANNWEILER C., BOUTOLEAU-BRETONNIÈRE C., CHAPELET G., GALLOUJ K., KAPOGIANNIS D., ROCHE J. & BOUDOUKHA A. H. (2020), "Burnout of healthcare workers in acute care geriatric facilities during the Covid-19 crisis: an online-based study", *Journal of Alzheimer's Disease* 78(2), pp. 847-852, <https://doi.org/10.3233/JAD-201029>
- ERTAN D., EL-HAGE W., THIERRÉE S., JAVELOT H. & HINGRAY C. (2020), "Covid-19: Urgency for distancing from

- domestic violence”, *European Journal of Psychotraumatology* 11(1), 1800245, <https://doi.org/10.1080/20008198.2020.1800245>
- FIGUEIREDO C., SANDRE P., PORTUGAL L. C., MAZALADE-OLIVEIRA T., CHAGAS L., RAONY Í., FERREIRA E., ARAUJO E., SANTOS A. & OLIVEIRA-SILVA BOMFIM P. (2020), “Covid-19 pandemic impact on children and adolescents’ mental health: biological, environmental, and social factors”, *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry* 106, <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2020.110171>
- FLAUDIAS V., ICETA S., ZERHOUNI O., RODGERS R. F., BILLIEUX J., LLORCA P.-M., BOUDESSEUL J., DE CHAZERON I., ROMO L., MAURAGE P., SAMALIN L., BÈGUE L., NAASSILA M., BROUSSE G. & GUILLAUME S. (2020), “Covid-19 pandemic lockdown and problematic eating behaviors in a student population”, *Journal of Behavioral Addictions* 9(3), pp. 826-835, <https://doi.org/10.1556/2006.2020.00053>
- GIBERT L., EL-HAGE W., DUTHEIL F., FALISSARD B. & TROUSSELARD M. (2021), “Stress induced by the Covid-19 health situation in a cohort of 111 subjects present in the Bataclan concert hall during the November 2015 terrorist attacks in Paris”, *European Journal of Psychotraumatology* 12(1), 1980274, <https://doi.org/10.1080/20008198.2021.1980274>
- GONZÁLEZ-BLANCO L., DAL SANTO F., GARCÍA-ÁLVAREZ L., DE LA FUENTE-TOMÁS L., MOYA LACASA C., PANIAGUA G., SÁIZ P. A., GARCÍA-PORTILLA M. P. & BOBES J. (2020), “Covid-19 lockdown in people with severe mental disorders in Spain: Do they have a specific psychological reaction compared with other mental disorders and healthy controls?”, *Schizophrenia Research* 223, pp. 192-198, <https://doi.org/10.1016/j.schres.2020.07.018>
- GROARKE J. M., BERRY E., GRAHAM-WISENER L., MCKENNA-PLUMLEY P. E., MCGLINCHEY E. & ARMOUR C. (2020), “Loneliness in the UK during the Covid-19 pandemic : cross-sectional results from the Covid-19 psychological wellbeing study”, *PLOS ONE* 15(9), e0239698, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239698>
- HAO F., TAN W., JIANG L., ZHANG L., ZHAO X., ZOU Y., HU Y., LUO X., JIANG X., MCINTYRE R. S., TRAN B., SUN J., ZHANG Z., HO R., HO C. & TAM W. (2020), “Do psychiatric patients experience more psychiatric symptoms during Covid-19 pandemic and lockdown? A case-control study with service and research implications for immunopsychiatry”, *Brain Behavior and Immunity* 87, pp. 100-106, <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.04.069>
- KUROSE S., FUNAYAMA M., TAKATA T., SHIMIZU Y., MIMURA Y., KUDO S., OGINO S. & MIMURA M. (2021), “Symptom changes in patients with pre-existing psychiatric disorders in the initial phase of the Covid-19 pandemic: vulnerability of female patients and patients with mood disorders”, *Asian Journal of Psychiatry* 68, 102966, <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2021.102966>
- LE FIGARO (2021), « Hôpital : les vrais chiffres des démissions et fermetures de lits », <https://www.lefigaro.fr/conjoncture/hopital-les-vrais-chiffres-des-demissions-et-fermetures-de-lits-20211216>
- LUO M., GUO L., YU M., JIANG W. & WANG H. (2020), “The psychological and mental impact of coronavirus disease 2019 (Covid-19) on medical staff and general public-A systematic review and meta-analysis”, *Psychiatry Research* 291, 113190, <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113190>
- PHAM-SCOTTEZ A., SILVA J., BARRUEL D., MASSON V. D. L., YON L., TREBALAG A. K. & GOUREVITCH R. (2020), “Patient flow in the largest French psychiatric emergency centre in the context of the Covid-19 pandemic”, *Psychiatry Research* 291, 113205, <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113205>
- PURPER-OUAKIL D. & KERBAGE H. (2021), « Enfants et adolescents au cours de la crise sanitaire », *La Presse médicale Formation* 2, pp. 259-266, <https://doi.org/10.1016/j.lpmfor.2021.06.012>
- SANTÉ PUBLIQUE FRANCE (2021), « Coronavirus : chiffres clés et évolution de la Covid-19 en France et dans le monde », <https://www.santepubliquefrance.fr/dossiers/coronavirus-covid-19/coronavirus-chiffres-cles-et-evolution-de-la-covid-19-en-france-et-dans-le-monde>
- VANCAPPEL A., JANSEN E., BACHEM R., BRAY A., EGRETEAU L., RÉVEILLÈRE C., MAERCKER A. & EL-HAGE W. (2021), “Validation of the French ADNM-20 in the assessment of emotional difficulties resulting from Covid-19 quarantine and outbreak”, *BMC Psychology* 9(1), 180, <https://doi.org/10.1186/s40359-021-00683-7>
- VANCAPPEL A., JANSEN E., OUHMAD N., DESMIDT T., ETAIN B., BERGEY C., D’USSEL M., KREBS M.-O., PAQUET C., RÉVEILLÈRE C., HINGRAY C. & EL-HAGE W. (2021), “Psychological impact of exposure to the Covid-19 sanitary crisis on French healthcare workers: risk factors and coping strategies”, *Frontiers in Psychiatry* 12, 701127, <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.701127>
- WATHELET M., DUHEM S., VAIVA G., BAUBET T., HABRAN E., VEERAPA E., DEBIEN C., MOLENDIA S., HORN M., GRANDGENÈVRE P., NOTREDAME C.-E. & D’HONDT F. (2020), “Factors associated with mental health disorders among university students in France confined during the Covid-19 pandemic”, *JAMA Network Open* 3(10), e2025591, <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.25591>
- WOON L. S. C., MANSOR N. S., MOHAMAD M. A., TEOH S. H. & LEONG BIN ABDULLAH M. F. I. (2021), “Quality of life and its predictive factors among healthcare workers after the end of a movement lockdown: the salient roles of Covid-19 stressors, psychological experience, and social support”, *Frontiers in Psychology* 12, 652326, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.652326>
- YANG M., HE P., XU X., LI D., WANG J., WANG Y., WANG B., WANG W., ZHAO M., LIN H., DENG M., DENG T., KUANG L. & CHEN D. (2021), “Disrupted rhythms of life, work and entertainment and their associations with psychological impacts under the stress of the Covid-19 pandemic: A survey in 5854 Chinese people with different sociodemographic backgrounds”, *PLOS ONE* 16(5), e0250770, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250770>

Que nous disent les réticences du public à l'égard des vaccins contre la Covid-19 des rapports ordinaires à la science ?

Par Jeremy K. WARD

Chargé de recherche à l'INSERM (CERMES3)
et membre de la commission technique des vaccinations à la Haute Autorité de la santé

En France, l'épidémie de Covid-19 est survenue après une décennie de débats autour des vaccins. De nombreuses études ont montré que les réticences à l'égard des vaccins étaient particulièrement répandues dans notre pays. Ces réticences ne constituent pas seulement un enjeu de santé publique, elles ont aussi été au cœur des débats récents autour de l'évolution des rapports ordinaires à la science. Dans cet article, nous présentons l'état des connaissances au sujet des réticences affichées à l'égard de la vaccination contre la Covid-19. Que cela nous dit-il sur les rapports ordinaires à la science ? Nous verrons que cela pousse à prendre des distances vis-à-vis de certains lieux communs actuels relatifs à la défiance à l'égard de la science.

En France, l'épidémie de Covid-19 est survenue après une décennie de débats autour des vaccins. De nombreuses études ont montré que les réticences à l'égard des vaccins étaient particulièrement répandues dans notre pays (Larson *et al.*, 2016 ; Ward et Peretti-Watel, 2020).

Le souci de la faible adhésion des Français à la vaccination s'est imposé très tôt au cours de cette épidémie. Dès le premier confinement, plus de 20 % des Français déclaraient qu'ils ne se feraient pas vacciner si un vaccin était disponible (Ward, Alleaume et Peretti-Watel, 2020). Cette proportion a pris de plus en plus d'importance au fur et à mesure que s'approchait la campagne de vaccination, au point de représenter plus de 50 % de la population à la fin 2020¹. Ces réticences ont aussi marqué les débuts de la vaccination des professionnels de santé (Verger *et al.*, 2022). Puis, la part des Français ayant l'intention de se faire vacciner a progressivement augmenté durant le premier semestre 2021, pour se situer autour de 80-85 % au moment où le gouvernement annonçait la mise en place d'un passe sanitaire. Si cette mise en place n'a pas réussi à convaincre les plus réticents de l'importance de se faire vacciner, elle a néanmoins amené une grande partie de ces réfractaires à accepter de se faire vacciner, malgré leurs doutes (Ward *et al.*, 2022). Au moment de l'écriture de cet article, le même enjeu lié aux réticences vis-

à-vis de la vaccination se pose pour l'administration des doses de rappel et la vaccination des enfants².

Mais les réticences à l'égard des vaccins ne constituent pas seulement un enjeu de santé publique, elles ont aussi été au cœur des débats récents autour de l'évolution des rapports du public à la science. En effet, ces réticences ont largement été utilisées pour avancer l'idée que l'on vivait une crise de confiance vis-à-vis de la science, se traduisant par l'avènement d'une société post-factuelle alimentée par le développement des *fake news* sur les réseaux sociaux. Dans cet article, nous allons présenter l'état des connaissances au sujet des réticences affichées à l'égard de la vaccination contre la Covid-19. Que cela nous dit-il sur les rapports ordinaires à la science ? Nous verrons que cela pousse à prendre des distances vis-à-vis d'un certain nombre de lieux communs relatifs à ce sujet.

Des réticences qui évoluent fortement en fonction du contexte... scientifique !

Les intentions de se faire vacciner dépendent toujours largement de la perception que l'on a du danger de la maladie en question et de la balance bénéfique/risque du

¹ Voir les enquêtes COVIPREV de Santé publique France.

² Voir les notes du projet SLAVACO et COVIREIVAC, <https://www.cermes3.cnrs.fr>

vaccin. La forte diminution de la part des Français ayant l'intention de se faire vacciner durant la seconde moitié de 2020 s'explique en partie par une baisse importante de l'inquiétude face au virus³. L'augmentation du nombre des vaccinations entre janvier et juillet 2021 s'explique en partie par une évolution positive des attitudes à l'égard des vaccins disponibles⁴. Les perceptions en la matière et leurs fluctuations ne sont pas complètement déconnectées de l'évolution des connaissances scientifiques acquises au sujet de la maladie et des vaccins. Ainsi, après la période de grande incertitude des premières semaines de confinement, la suite de l'année 2020 a vu se consolider les connaissances concernant les personnes les plus à risque de faire des formes graves de la Covid-19. L'âge s'est ainsi imposé dans toutes les enquêtes comme un déterminant crucial, et l'engouement pour la vaccination a aussi suivi une gradation en fonction de l'âge : fort chez les plus de 65 ans, il l'est beaucoup moins chez les moins de 35 ans. Quant aux vaccins, l'année 2021 a aussi vu une progressive levée des incertitudes et une confirmation, par de nouvelles études, des bons résultats de la vaccination obtenus lors des essais cliniques et même de l'efficacité de celle-ci contre les nouveaux variants qui ont alors commencé à émerger, notamment pour les vaccins à ARN messenger.

On aime à penser la réticence aux vaccins comme une rupture complète avec le consensus scientifique sous l'influence d'acteurs complètement extérieurs au monde de la recherche scientifique (influenceurs politiques, sites complotistes, *fake news* sur les réseaux sociaux...), en l'apparentant notamment au rejet de la théorie de l'évolution ou à la négation de l'existence du changement climatique aux États-Unis. L'évolution des intentions de se faire vacciner nous conduit à nous rappeler que les attitudes à l'égard des vaccins sont avant tout influencées par les résultats issus de la recherche scientifique. Les certitudes ou incertitudes qui en sont issues se voient certes déformées ou amplifiées, mais il n'en demeure pas moins que pour comprendre les réticences, il faut avant tout regarder ce qu'il se passe dans le monde de la science légitime et la manière dont elle est présentée au public, plutôt que du côté d'acteurs radicalement extérieurs à celle-ci, voire anti-science.

C'est la conclusion que l'on peut aussi tirer des différences de perception des différents vaccins anti-Covid-19 disponibles. Ainsi, l'amélioration des intentions de vaccination en 2021 s'explique aussi par la stratégie visant à concentrer l'offre vaccinale sur les vaccins utilisant la technologie de l'ARN messenger.

³ Voir les enquêtes COVIPREV de Santé publique France.

⁴ Voir les sondages réalisés par Yougov en décembre 2020 et mars 2021 (www.yougov.co.uk) et l'enquête COVIREIVAC de mai 2021 (<http://www.orspaca.org/sites/default/files/enquete-COVIREIVAC-rapport.pdf>).

La vaccination est l'un des symboles des bienfaits de la science..., mais seule une petite minorité de réticents rejettent tous les vaccins

Les premiers sondages comparant les perceptions de chaque vaccin ont été réalisés à la fin 2020. La préférence accordée aux vaccins à ARN messenger – et au vaccin de Pfizer, en particulier – est mise en évidence par ces sondages, elle se renforce encore plus après les alertes concernant les complications cardiaques liées au vaccin d'Astra Zeneca qui émergent en mars 2021⁵. À nouveau, ce paysage préférentiel n'est pas complètement déconnecté de la réalité scientifique, les vaccins à ARN messenger montrant une efficacité supérieure, notamment face aux nouveaux variants, ainsi qu'un meilleur profil de sécurité (voir l'évolution sur ce point des avis de la Haute Autorité de la santé). Le fait que les perceptions soient différentes selon le vaccin n'est pas spécifique à cette épidémie. Les baromètres santé établis par Santé publique France depuis 2000 montrent que les réticences se concentrent sur les vaccins les plus débattus publiquement, et que si une part importante des Français disent ne pas être favorables aux vaccins en général (autour de 22 % depuis 2014), seule une petite minorité rejette vraiment toute forme de vaccination (autour de 2 %). Il convient aussi de souligner que la part des Français affichant des réticences à l'égard d'au moins un vaccin peut représenter plus de 50 % des répondants (Ward et Peretti-Watel, 2020).

On voit les limites qu'il y a à renvoyer toute forme de réticence à l'égard des vaccins à l'antivaccinalisme qui existe depuis les débuts de la vaccination. Le fait de rejeter la vaccination de façon générale est constamment présenté comme le symbole du rejet de la science et du complotisme (Ward, Guille-Escuret et Alapetite, 2019). Cette géographie complexe des doutes – tout comme le met en exergue un examen approfondi des entretiens réalisés avec les hésitants (Peretti-Watel *et al.*, 2019) – montre la reconnaissance, même parmi les réticents, de la réalité scientifique du principe de la vaccination et, par là même, de l'autorité culturelle de la science. Ce concept désigne le fait que l'on reconnaisse à la science le plus haut niveau de légitimité (Gauchat, 2011).

Comment peut-on rejeter un vaccin recommandé sans remettre en cause l'idée que c'est à la science de répondre aux questions posées par une épidémie ? Ces réticences, comme de nombreuses autres croyances qui s'écartent du consensus scientifique, s'ancrent dans l'idée que les recommandations faites en matière de vaccination ne reflètent pas « la science » soit parce qu'il existe des désaccords entre les scientifiques, soit parce que les savoirs présentés comme scientifiques sont biaisés par l'influence d'acteurs non-scientifiques (financiers, politiques...) (Eyal, 2019).

⁵ À nouveau, voir les sondages de Yougov et l'enquête COVIREIVAC de mai 2021.

Nous allons illustrer ces deux points séparément, même s'ils sont le plus souvent liés.

Pour saisir le premier point, il faut avoir en tête le fait que les discours critiques ou prudents à l'égard des vaccins contre la Covid-19 ont été principalement portés dans l'arène médiatique par des personnes qui présentent des gages de légitimité scientifique. Au moment du pic des réticences, à la fin 2020, il est important de se rappeler que les vaccinologues les plus orthodoxes ont publiquement souligné l'existence d'incertitudes quant à ces vaccins, tout en insistant sur le fait que l'on en savait suffisamment pour en recommander sans réserve l'administration aux personnes à risque. Tout au long de l'épidémie, les critiques des vaccins contre la Covid-19 les plus visibles dans les médias ou sur les réseaux sociaux émanaient de chercheurs en activité ou d'anciens chercheurs, et de médecins, entretenant ainsi la confusion entre ce qui était appuyé par la science et ce qui ne l'était pas. Les fortes réticences constatées au cours des premiers mois de la campagne de vaccination chez une partie des professionnels de santé (principalement des infirmiers et des aides-soignants) ont aussi participé à renforcer l'idée qu'il n'y avait pas de consensus scientifique sur ce sujet (Verger *et al.*, 2022).

Le second point nous amène à replacer la vaccination dans un contexte qui va bien au-delà de la seule science. C'est ce dont nous allons discuter dans la partie suivante.

Les réticences à l'égard des vaccins témoignent d'un désir d'une science pure, qui soit absolument indépendante des intérêts financiers et politiques

La perception par certains que les autorités sanitaires ont autorisé et recommandé, sous la pression des laboratoires pharmaceutiques, un vaccin qui n'aurait pas été assez testé est au cœur des réticences. Parce que les vaccins sont des produits manufacturés dont la commercialisation est régulée par les agences de l'État, il est à la fois logique et légitime que la perception que l'on a de ceux-ci engage des rapports avec d'autres acteurs que les seuls scientifiques. La vaccination contre la Covid-19 a souffert de la montée de la défiance envers les agences sanitaires du fait de la succession de scandales intervenus au cours des trente dernières années, du rejet structurel des acteurs politiques, de la très faible popularité du gouvernement en place pendant l'épidémie et de la détérioration des rapports avec les administrations de l'État. C'est ce que montrent la défiance dans les agences sanitaires, dans le gouvernement, le fait d'être faiblement politisé ou de se sentir proche de partis de gauche ou de la droite radicale, ou encore de ne se reconnaître dans aucun parti ; ce sont là autant de facteurs associés aux réticences à l'égard de la vaccination contre la Covid-19. On peut aussi évoquer d'autres facteurs structurellement associés à la défiance et à un éloignement

vis-à-vis des acteurs des politiques publiques, comme le fait de disposer de faibles revenus, de faire partie d'une minorité racisée ou d'avoir été victime de discriminations raciales (Bajos *et al.*, 2022 ; Ward, Alleaume et Peretti-Watel, 2020)⁶. Il est également observé que les réticences sont les plus fortes dans les territoires où les relations avec les autorités publiques sont connues pour être les plus compliquées, comme dans certains territoires d'Outre-mer et, de manière moins marquée, dans le Sud-Est métropolitain (Guimier, 2021 ; Mulot, 2021)⁷. La focalisation sur le rôle joué par les scientifiques éclipse le fait que la gestion d'une épidémie est une affaire politique et qu'une grande partie de la communication publique sur les vaccins est le fait d'élus associés à des partis. La vaccination a ainsi fortement pâti des inflexions et erreurs de la communication gouvernementale autour des masques et des tests pendant les premiers mois de l'épidémie ainsi que de fortes fluctuations dans les messages et la place donnée aux experts dans la communication sur les vaccins tout au long de la période.

Les réticences affichées à l'égard des vaccins ne témoignent donc pas d'un rejet de l'idéal scientifique, mais relèvent plutôt d'une adhésion à une vision idéalisée de la science, l'assimilant à une tour d'ivoire séparée du reste de la société. La science est ainsi paradoxalement victime de son succès : les entreprises recourent toujours davantage à la recherche scientifique pour inventer de nouveaux produits à mettre sur le marché, tandis que l'État mobilise cette même recherche pour réguler cette mise sur le marché. Il est attendu de l'État qu'il soutienne la recherche scientifique et des personnalités politiques qu'elles justifient la crédibilité scientifique de leurs propositions, etc. (Eyal, 2019). En symétrie, la crédibilité et la réputation des scientifiques et des savoirs qu'ils produisent pâtissent de ce rapprochement avec des acteurs autres, dans lesquels le public a peu confiance.

Au-delà des réticences et des rapports ordinaires à la science : l'accès aux vaccins et au système de santé

Dans ce court article, nous avons abordé les réticences affichées à l'égard des vaccins comme un cas intéressant pour nous amener à réfléchir sur les rapports ordinaires que nous entretenons avec la science, sur la manière dont les personnes forment des jugements en rapport avec la conception qu'ils ont de la crédibilité scientifique. Mais il ne faut pas tomber dans l'écueil visant à ne considérer la vaccination que comme un sujet sur lequel on se forge un avis. On observe, par exemple, de fortes disparités entre ce que les gens pensent des vaccins et leur pratique en la matière, que l'on peut mettre en évidence à travers l'évolution de la couverture vaccinale. Certains ne souhaitent pas se faire vacciner, mais l'ont quand même fait au regard du

⁶ Voir aussi les notes issues du projet ANR SLAVACO, <https://www.cermes3.cnrs.fr/>

⁷ Voir également les enquêtes réalisées par Santé publique France.

caractère obligatoire de certaines vaccinations ou, dans le cas de la Covid-19, pour pouvoir bénéficier du passe sanitaire. D'autres ne sont pas par principe contre la vaccination, mais ils ne se font pas vacciner parce que c'est un sujet qui leur importe peu ou parce qu'ils sont trop éloignés du système de santé (Ward *et al.*, 2022). C'est ce qui explique le paradoxe apparent entre le fait que les femmes ont été davantage réticentes à se faire vacciner et que, dans le même temps, celles qui s'y sont résolues ont eu tendance à se faire vacciner plus rapidement que les hommes ; cela tient au fait qu'elles sont davantage familiarisées avec le système de santé en raison d'une répartition genrée des tâches de soins en France (Alleaume *et al.*, 2021 ; Bajos *et al.*, 2022).

Si l'étude des réticences au regard de la vaccination est d'un réel intérêt, il ne faut pas oublier que les facteurs non représentationnels, comme les inégalités d'accès aux soins, font partie des principaux déterminants des pratiques de vaccination et, par conséquent, de la circulation des virus. Il faut donc se méfier d'une focalisation trop grande sur les réticences au détriment des questions d'accès aux soins et de la manière dont on va chercher les personnes qui sont les plus éloignées du système de soins (Attwell, Hannah et Leask, 2022).

Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien de l'Agence nationale de la recherche (projets COCONEL : ANR-20-COVI-0035-01 ; TRACTRUST : ANR-20-COVI-0102 ; et SLAVACO : ANR 20-COV8-0009-01) et de l'INSERM, ainsi que du ministère de la Santé et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche *via* la plateforme COVIREIVAC. Les financeurs n'ont joué aucun rôle dans la conception des études, l'analyse des données ou l'écriture du présent article.

Références bibliographiques

ALLEAUME C., VERGER P., DIB F., WARD J. K., LAUNAY O. & PERETTI-WATEL P. (2021), "Intention to get vaccinated against Covid-19 among the general population in France: Associated factors and gender disparities", *Human Vaccines & Immunotherapeutics* 17, 10, pp. 3421-3432.

ATTWELL K., HANNAH A. & LEASK J. (2022), "Covid-19: talk of 'vaccine hesitancy' lets governments off the hook", *Nature* 602, 7898, pp. 574-577.

BAJOS N., SPIRE A., SILBERZAN L. & GROUP FOR THE E. STUDY (2022), "The social specificities of hostility toward vaccination against Covid-19 in France", *PLOS ONE* 17, 1, p. e0262192.

EYAL G. (2019), *The Crisis of Expertise*, Wiley, 208 pages.

GAUCHAT G. (2011), "The cultural authority of science: Public trust and acceptance of organized science", *Public Understanding of Science* 20, 6, pp. 751-770.

GUIMIER L. (2021), « Les résistances françaises aux vaccinations : continuité et ruptures à la lumière de la pandémie de Covid-19 », *Hérodote* 183, 4, pp. 227-250.

LARSON H. J., FIGUEIREDO A. DE, XIAHONG Z., SCHULZ W. S., VERGER P., JOHNSTON I. G., COOK A. R. & JONES N. S. (2016), "The State of Vaccine Confidence 2016: Global Insights Through a 67-Country Survey", *EBioMedicine* 12, pp. 295-301.

MULOT S. (2021), « Sur le refus de la vaccination contre le Covid-19 en Guadeloupe », AOC, 3 novembre.

PERETTI-WATEL P., WARD J. K., VERGELYS C., BOCQUIER A., RAUDE J. & VERGER P. (2019), "'I think I made the right decision... I hope I'm not wrong'. Vaccine Hesitancy, commitment and trust among parents of young children", *Sociology of Health & Illness* 41, 6, pp. 1192-1206.

VERGER P., BOTELHO-NEVERS E., GARRISON A., GAGNON D., GAGNEUR A., GAGNEUX-BRUNON A. & DUBÉ E. (2022), "Vaccine hesitancy in health-care providers in Western countries: a narrative review", *Expert Review of Vaccines* 0, 0, pp. 1-19.

WARD J. K., ALLEAUME C. & PERETTI-WATEL P. (2020), "The French public's attitudes to a future Covid-19 vaccine: The politicization of a public health issue", *Social Science & Medicine* (1982), 265, 113414.

WARD J. K., GAUNA F., GAGNEUX-BRUNON A., BOTELHO-NEVERS E., CRACOWSKI J.-L., KHOURI C., LAUNAY O., VERGER P. & PERETTI-WATEL P. (2022), "The French health pass holds lessons for mandatory Covid-19 vaccination", *Nature Medicine*, pp. 1-3.

WARD J. K., GUILLE-ESCURET P. & ALAPETITE C. (2019), « Les "anti-vaccins", figure de l'anti-science », *Déviante et Société* 43, 2, pp. 221-251.

WARD J. K. & PERETTI-WATEL P. (2020), « Comprendre la méfiance vis-à-vis des vaccins : des biais de perception aux controverses », *Revue française de sociologie*, vol. 61, 2, pp. 243-273.

Le conseil scientifique Covid-19 : une approche épistémologique

Par Stéphane TIRARD

Centre François Viète d'épistémologie et d'histoire des sciences
et des techniques de l'Université de Nantes

Le conseil scientifique Covid-19 a été mis en place le 10 mars 2020 pour permettre « au gouvernement de disposer des dernières informations scientifiques afin de l'aider dans ses décisions. »

Dans les avis et les notes produits par cette instance, les modalités de l'argumentation et de l'administration de la preuve montrent des spécificités qui appellent une analyse. Elles semblent adaptées à leurs conditions d'élaboration et à la destination de ces textes. Il s'avère que deux niveaux de preuves sont simultanément mobilisés : le premier est constitué par les preuves puisées dans la littérature scientifique et dans des rapports, il est directement fondé sur des données scientifiques. Le second, plus rhétorique, est celui de l'organisation et de la formulation d'un discours de justification visant à prouver la justesse et la cohérence des propres propos du conseil. Dans le présent article, nous proposons de souligner les tensions épistémologiques engendrées par cette double nécessité.

Le conseil scientifique Covid-19 a été mis en place le 10 mars 2020 pour permettre « au gouvernement de disposer des dernières informations scientifiques afin de l'aider dans ses décisions »¹. Répondant à des demandes du gouvernement ou à des questionnements autonomes, les avis du conseil ont compté comme l'une de ces paroles de scientifiques auxquelles les décideurs politiques, au premier rang desquels le président Emmanuel Macron, disaient se référer lorsqu'ils affirmaient « ...les scientifiques le disent... »², renvoyant ainsi, par une formule rhétorique, à l'autorité implicite d'un espace épistémique désigné comme nécessairement valide. Si, au plus fort de la crise, les avis du conseil ont été très souvent mentionnés dans la presse, ils n'ont guère été analysés en tant que tels par le monde académique, sans doute parce que le fait de l'expertise a été largement étudié par ailleurs (Callon,

2001). Cependant, l'ampleur de cette crise appelle à en saisir les originalités. Il s'agit donc ici, à partir d'une lecture systématique des rapports de l'année 2020 et de quelques exemples, de proposer, sur le mode de l'essai, quelques réflexions sur les modalités de l'argumentation scientifique au sein de ces textes destinés au gouvernement et rendus publics.

Une instance à la pluridisciplinarité revendiquée

Le groupe réuni autour de Jean-François Delfraissy, professeur d'immunologie clinique et, par ailleurs, président du Comité consultatif national d'éthique (CCNE) depuis 2016, rassemblait initialement, outre son président, trois infectiologues, un virologue, un médecin de ville, une réanimatrice, un modélisateur, un sociologue et une anthropologue. L'absence de psychiatre ou de psychologue était à regretter, *a fortiori* quand les risques psycho-sociaux liés à la crise sanitaire seront souvent signalés par le conseil lui-même. Fort de cette diversité, ce panel d'experts se revendique comme interdisciplinaire (ACS³, 2020-03-12). Sans entrer ici dans une discussion sur le *distinguo* à opérer entre pluri et interdisciplinarité, au vu des textes, il est néanmoins possible de supposer que les avis rendus consensuellement par le conseil résultent d'interactions effectives

¹ Règlement intérieur du conseil Covid-19 du 15 avril 2020, version corrigée et définitive du 30 avril 2020. Disponible en ligne avec les avis : <https://solidarites-sante.gouv.fr/archives/archives-presse/archives-dossiers-de-presse/article/conseil-scientifique-covid-19>

² Allocution télévisée du Président de la République, Emmanuel Macron, lundi 16 mars 2020 à 20 heures. (*Verbatim* du journal *Le Monde*, publié en ligne le 16 mars 2020) : « Chacun d'entre nous doit à tout prix limiter le nombre de personnes avec qui il est en contact chaque jour. Les scientifiques le disent, c'est la priorité absolue » ; « Nous avons décidé avec les scientifiques de réserver les masques en priorité pour l'hôpital et la médecine de ville et de campagne, en particulier les généralistes et les infirmières ... » ; « Nul ne peut en prévoir précisément la durée et à mesure que les jours suivront les jours, que les problèmes succéderont aux problèmes, il faudra en lien avec les éclairages donnés par les scientifiques, des expériences de terrain, il faudra nous adapter. »

³ Les avis (ACS) et notes du conseil scientifique sont mentionnés dans le texte sous le format : ACS, Année-Mois-Jour, page. Ils sont disponibles en ligne à l'adresse URL indiquée en note de bas de page 1.

entre les représentants des différentes disciplines en présence et que le processus de leur élaboration peut justifier le préfixe « inter » (Klein, 2017). Si cette interdisciplinarité confère une originalité aux travaux du conseil scientifique, l'implication des sciences humaines et sociales (SHS) pourrait en être l'une des composantes. Cela est affiché explicitement dans les avis rendus par le conseil : « Parallèlement aux recherches conduites dans d'autres domaines, fondamentaux ou cliniques notamment, une initiative de recherche ambitieuse et de grande ampleur doit être orientée vers les sciences humaines, sociales, économiques et comportementales, ainsi que vers tous les modes de connaissance susceptibles de produire des éléments utiles sur les rapports des Français à l'épidémie (par exemple, comparaisons, études en population générale, enquêtes d'opinion, analyses des réseaux sociaux...) » (ACS, 2020-03-23, p. 8).

Cependant, en-deçà de l'affichage de cette ambition heuristique, résident aussi, on ne peut en douter, des intentions pragmatiques, où sont souvent cantonnées les fonctions des sciences humaines et sociales, comme lorsque l'on attend d'elles qu'elles aident à augmenter l'acceptabilité des vaccins (ACS, 2020-07-20, p. 14).

La facture des avis et des notes

En 2020, le conseil a émis 22 avis et notes, soit un total de 375 pages. Ces textes commencent le plus souvent par dresser des bilans de l'évolution de la crise. Ils sont parfois critiques, tant à l'égard des attitudes des citoyens que des pouvoirs publics, comme lorsque le conseil constate le non-respect des règles sanitaires ou des manques de la part des services publics : « Constatant "que le non-respect des mesures d'isolement par une partie (...) possiblement importante des personnes atteintes par le virus ou contacts à risque fragilise notre capacité à maîtriser les chaînes de transmission"⁴ ; constatant également une stratégie d'isolement sans cahier des charges, ni budget à l'échelle nationale, des recommandations assez peu relayées auprès du public, le manque de données précises sur les conditions et le suivi de l'isolement, le conseil scientifique fait aujourd'hui des propositions sur cette question » (ACS, 2020-09-03, p. 2).

Ensuite, les avis formulent en général des préconisations. Il peut s'agir de propositions de nouveaux protocoles ou de suggestions plus spécifiques. Par exemple, celle, assez abrupte, de la nécessaire mise en œuvre du traçage par des moyens numériques (ACS, 2020-04-20) ou cette autre, évidemment judicieuse, de profiter d'une période de faible incidence pour organiser la recherche, y compris à l'échelle européenne (ACS, 2020-07-27, p. 29).

Enfin, certains avis sont accompagnés d'une note pédagogique : par exemple, lorsqu'il s'agit d'expliquer les mécanismes immunitaires, les principes du traçage numérique, ceux des tests ou diverses connaissances de base en biologie.

Au fil des avis et des notes, le nombre de références s'avère variable ; on en décompte plus de 170. La bibliographie mobilisée est constituée pour les deux tiers environ d'articles parus dans des grandes revues scientifiques (*The Lancet*, *Nature*, *JAMA*...), auxquels s'ajoutent quelques *preprints*, et pour le tiers restant des rapports émanant d'institutions (CCNE, divers conseils scientifiques, Haute Autorité de la santé, OMS...). Dans cette dernière catégorie entrent des références croisées entre avis et notes du conseil qui laissent apparaître une volonté de continuité et une intention de penser les propositions à court, moyen et long termes. Cela est particulièrement manifeste à propos des suggestions de stratégies à mettre en œuvre en ce qui concerne les tests et les vaccins.

Les références mentionnées visent à justifier les propos du conseil. Il est rare qu'une analyse épidémiologique s'accompagne de nombreux chiffres sans que des références y soient présentes (ACS, 2020-06-08). Cependant, les productions du conseil scientifique n'ont vocation à être ni des revues scientifiques exhaustives et contradictoires, ni des articles scientifiques.

« Arguments » et « raisonnement scientifique »

Dans les avis et les notes qui sont rendus publics (comme cela est régulièrement précisé), les modalités de l'argumentation et de l'administration de la preuve montrent des spécificités qui semblent adaptées tant à leurs conditions d'élaboration qu'à la destination de ces textes.

Le syntagme « argument scientifique » est rapidement utilisé, il l'est cinq fois dans les deux premiers avis. Puis il disparaît, le troisième avis mentionnant simplement des « éclairages scientifiques ». Sans ce prudent retrait syntaxique, les lecteurs des avis auraient en effet été incités à s'interroger sur la place nécessairement relative de ces arguments dans le traitement de problèmes éminemment politiques et aux composantes multiples. Ce qu'illustre, par exemple, l'avis consacré à la fermeture des frontières : « ... le conseil scientifique n'identifie pas d'arguments scientifiques en faveur d'un impact de la fermeture des frontières sur l'évolution de l'épidémie » (ACS, 2020-03-12, p. 5).

La même complexité est explicitement présente dans le cas de la décision de maintien ou non des élections municipales au printemps 2020 : « Le conseil scientifique a été questionné sur un éventuel report des élections. Il a souligné que cette décision, éminemment politique, ne pouvait lui incomber. Il a considéré que si les élections se tenaient elles devaient être organisées dans des conditions sanitaires appropriées (notamment respect des distances entre les votants, désinfection des surfaces, mise à disposition de gels hydro-

⁴ L'avis se cite lui-même (note de l'auteur).

alcooliques, étalement des votes sur la journée, absence de meetings post-électorales, etc.). Dans ces conditions, il n'identifiait pas d'arguments scientifiques indiquant que l'exposition des personnes serait plus importante que celle liée aux activités essentielles (faire ses courses) » (ACS, 2020-03-12, p. 6).

Dans ce contexte, les arguments basés sur des données scientifiques, notamment statistiques et, plus généralement, épidémiologiques, s'adressent en premier lieu aux décideurs politiques. Le conseil ne manque d'ailleurs pas de le souligner : « Cette réalisation de modèles a été présentée pour illustrer le raisonnement scientifique (...) et aider les décideurs à comprendre les différents scénarios » (ACS, 2020-03-12, p. 2).

Le conseil juge utile d'insister sur son positionnement à l'égard de la dimension politique des décisions gouvernementales, notamment lorsqu'il ajoute avoir « alerté le gouvernement sur le fait que, d'un point de vue de santé publique, il était important pour la crédibilité de l'ensemble des mesures proposées qu'elles apparaissent dénuées de tout calcul politique » (ACS, 2020-03-12, p. 6).

Le 14 mars 2020, le conseil revient sur la question posée par le ministre de la Santé au sujet de la possibilité du maintien des élections. De nouveau, l'argumentation est dûment fondée sur des données épidémiologiques : « Ces mesures ont été examinées au regard de modélisations épidémiologiques connues, de situations observées dans d'autres pays et de leurs effets possibles » (ACS, 2020-03-14, p. 1).

Mais le conseil montre également qu'il construit sa réponse en anticipant sur le futur et sur sa préoccupation de préserver l'acceptabilité des contraintes sanitaires : « Il (le conseil) a considéré que l'exercice de la démocratie, garanti par la sécurité sanitaire du vote, gagnait à être préservé afin que la population conserve dans la durée une confiance indispensable au respect de mesures extrêmement contraignantes qui lui seraient exigées par les autorités démocratiques du pays pour garantir sa protection sanitaire » (ACS, 2020-03-14, p. 3).

Quant aux sciences sociales, elles sont également mentionnées lorsqu'il s'agit d'évoquer l'impact social de la crise ou, comme cela a été précisé ci-dessus, d'évaluer l'acceptabilité des mesures. Cependant, leur portée heuristique est largement sous-évaluée et elles ne sont convoquées que pour la réalisation d'enquêtes auprès de la population qui s'avèreraient utiles aux côtés de sondages ou de « données sur le respect des consignes, notamment en matière de déplacements (contraventions, données de transport urbain, données agrégées de géolocalisation) » (ACS, 2020-04-02, p. 3). Quand il s'agit d'organiser la collecte d'indicateurs sociaux relatifs au confinement, dont on mesure aisément l'apport important en matière d'analyse de la situation, le conseil scientifique n'imagine pas que l'instance indépendante qui en serait responsable soit centrée sur les sciences humaines et sociales académiques. Il envisage une tout autre organisation : « Des éléments quantitatifs et qualitatifs pourraient être enrichis, multipliés et rassemblés à partir de méthodes et

de sources variées, académiques ou non, y compris issues de grands acteurs du numérique, afin de produire des éléments de connaissance et d'appréciation transparents sur le confinement » (ACS, 2020-04-02, p. 4).

Cette suggestion interroge sur la méthodologie qui serait mise en œuvre par une telle instance, notamment sur le plan de la production de données qui devraient ensuite être mobilisées dans la prise de décision.

La preuve scientifique et la justification

Il apparaît que deux niveaux de justification sont mobilisés dans les avis et les notes du conseil. Le premier niveau est constitué par les preuves puisées dans la littérature scientifique et dans des rapports divers. Il vise à prouver que le conseil scientifique est documenté et que ses analyses reposent sur un état de la question maîtrisé scientifiquement. Au demeurant, la difficulté de la tâche qui incombe à ce conseil doit être mesurée à l'aune de la réalité. Comme le note le sociologue Daniel Benamouzig, qui en était lui-même membre : le conseil scientifique a en effet dû se fonder « sur des connaissances incertaines et évolutives, parfois controversées » et traiter l'incertitude ; les compétences et l'expérience antérieures des experts étant alors cruciales (Benamouzig, 2020, pp. 55-56). Le second niveau, plus rhétorique, qui inclut néanmoins le premier, est celui de l'organisation et de la formulation d'un discours de justification. Cette autre dimension est celle dans laquelle les faits scientifiques, voire les preuves scientifiques, doivent apporter un éclairage sur le contexte social et politique. Le premier niveau de preuve n'est alors qu'un élément parmi d'autres de ce second espace, où il s'agit de faire montre d'une cohérence fondée sur des preuves au risque de limiter leur portée, ce que souligne le conseil dès son premier rapport : « Les résultats des modèles mathématiques qui, avec toutes les limites et incertitudes déjà évoquées, ne sauraient en aucun cas être la base unique d'une décision de santé publique » (ACS, 2020-03-12, p. 2). C'est dans ce passage d'un niveau de preuve à l'autre que s'exprime la tension entre l'indépendance revendiquée des experts (Benamouzig, 2021, p. 8) et les attentes du commanditaire, en l'occurrence les plus hautes sphères de l'État.

De ce constat, il découle un questionnement que nous garderons en guise de conclusion. La tâche de conseil au gouvernement était-elle raisonnablement possible sans un rappel plus clair des limites des propres compétences du conseil scientifique ? Autrement dit, les experts pouvaient-ils porter efficacement une parole de science et formuler des conseils quand il y avait tant d'attentes immédiates dans des choix politiques réputés comme cruciaux ? Comme les experts du conseil l'ont répété régulièrement, la décision finale n'était pas de leur ressort. Pourtant, les discours politiques qui la portaient n'étaient pas sans inscrire les propos du conseil dans leur propre régime de preuve, induisant ainsi, inévitablement, un partage de la responsabilité avec les scientifiques.

Le point le plus saillant est que cette position si délicate du conseil scientifique, qui marque la tension entre le niveau des faits scientifiques et celui d'un discours plus global s'inscrivant dans le conseil au gouvernement, rendait très difficile, voire impossible, la restitution du doute, que Claude Bernard aurait qualifié de doute philosophique, lequel est pourtant constitutif de la compréhension de la pandémie par la médecine et la biologie.

Bibliographie

BENAMOZIG D. (2020), « Un sociologue au conseil scientifique », in LAZAR Marc *et al.* (2020), *Le monde d'aujourd'hui*, Presses de Sciences Po, pp. 45-60.

CALLON M. (2001), *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, Seuil.

KLEIN J. T. (2017), "Typologies of Interdisciplinarity, The boundary Work of Definition", in FRODEMAN R. (ed.), KLEIN J. T. & PACHETO R. C. S. (ass. Eds) (2017), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*, Oxford University Press, second edition (2020), pp. 21-39.

L'autonomie stratégique de la France pour le médicament passe par l'Europe

Par Philippe LAMOUREUX

Directeur général du Leem

Sujet souvent ignoré avant la crise du Covid, la question de la « souveraineté sanitaire » a été largement popularisée, au point de prendre une place centrale dans les débats publics lors de la campagne présidentielle 2022 : une prise de conscience salutaire après des années de régulation économique du médicament en France qui a poussé les entreprises pharmaceutiques à délocaliser. Désormais, la nécessité d'une autonomie stratégique est indiscutable, mais il reste à en définir les contours précis. Peut-on vraiment assurer une autonomie totale en termes de médicaments à l'échelle de notre seul pays ?

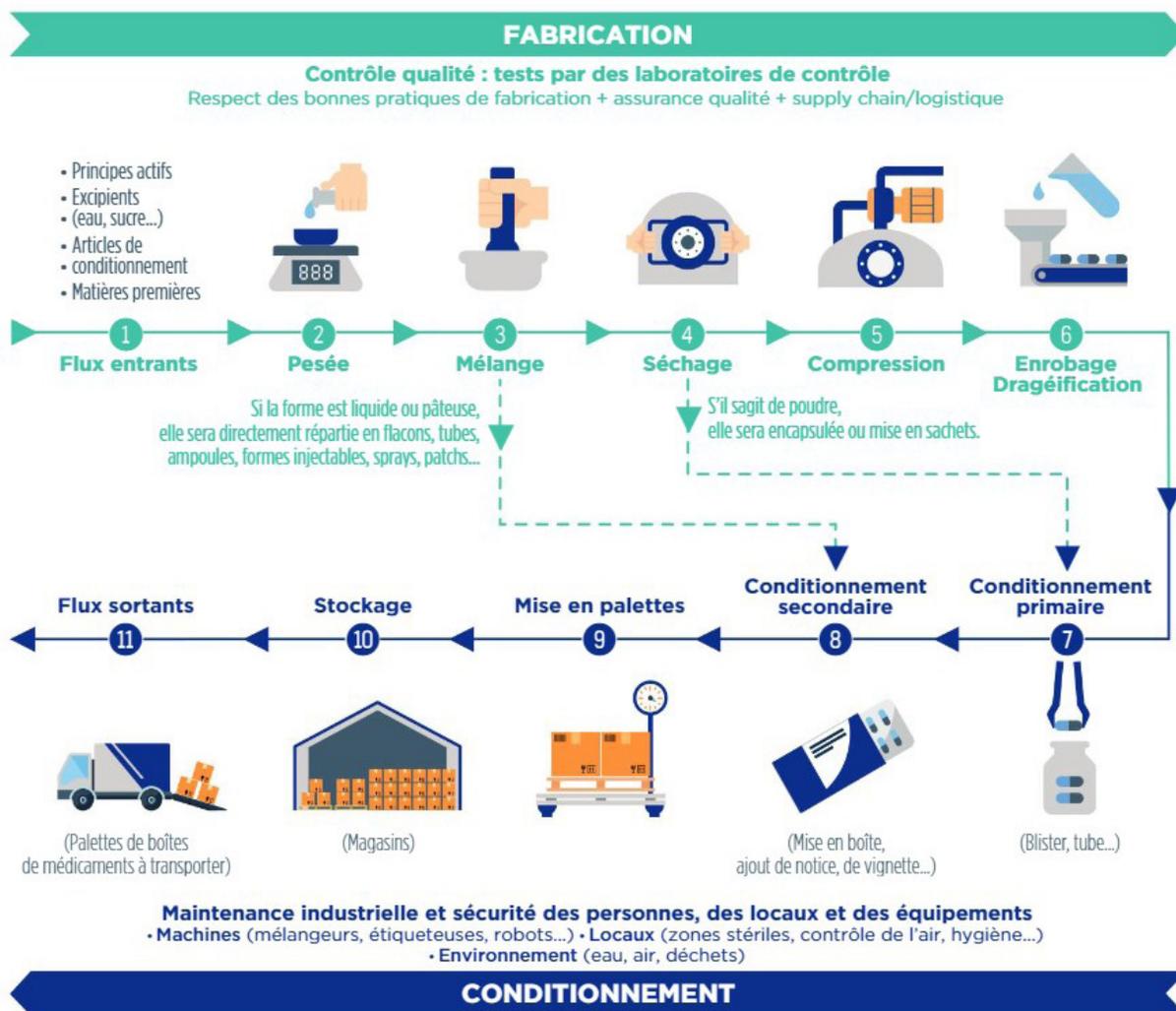
La pandémie de ces deux dernières années aura – s'il en était besoin – exposé aux yeux de tous la fragilisation de notre outil industriel. Ne nous y trompons pas, c'est bien la mondialisation qui a permis d'éviter des situations dramatiques de ruptures de médicaments grâce à la réactivité des chaînes de fabrication et d'approvisionnement aux quatre coins de la planète. Cela ne fait plus de doute, la France a perdu son autonomie sur le plan de la production de certains traitements, qu'il s'agisse d'ailleurs de médicaments anciens ou de solutions thérapeutiques innovantes. Ainsi, sur 89 nouvelles autorisations de mise sur le marché au niveau européen en 2020, seuls 8 médicaments étaient produits en France, celle-ci se plaçant loin derrière l'Allemagne, l'Irlande et l'Espagne. La crise n'a qu'exacerbé ces fragilités qui ne sont pas nouvelles.

C'est l'histoire de notre déclin industriel, *a fortiori* celui de notre industrie pharmaceutique, qui est en cause depuis plusieurs décennies. Au fil du temps et des politiques de régulation, la France a produit de moins en moins d'innovations. Alors que l'Hexagone fut pendant longtemps le premier producteur européen de médicaments, il occupe désormais la quatrième place (voir l'Encadré ci-dessous).

La France n'est plus la bonne élève de l'Europe ! Pire, l'Europe, elle-même, s'est progressivement enfoncée dans une situation de double dépendance : une dépendance vis-à-vis de l'Asie pour la fourniture des principes actifs et des produits matures (les médicaments dont le brevet est arrivé à échéance), mais aussi une dépendance vis-à-vis des États-Unis pour les médicaments innovants, qui représentent 50 % du marché mondial.

Le médicament en France

- La France est le 4^e producteur européen (en valeur) de médicaments derrière la Suisse, l'Allemagne et l'Italie (1^{re} de 1995 à 2008).
- 271 sites industriels dont l'activité est majoritairement orientée sur la production de médicaments matures (dont le brevet est expiré) issus de l'industrie chimique.
- 44 000 emplois de production sont recensés, dont la moitié concerne des médicaments matures.
- On dénombre 32 sites (seulement) de bioproduction représentant 8 500 emplois, majoritairement dans le domaine des vaccins (60 %).
- 80 % des substances actives des médicaments et 40 % des produits finis sont fabriqués hors de l'Union européenne.



Les grandes étapes de la fabrication d'un médicament (Source : Leem).

Se poser la question de l'autonomie n'est plus un luxe, c'est une nécessité stratégique. Mais réimplanter des usines pour produire des médicaments sur notre territoire n'est pas simple. La production industrielle joue un rôle essentiel dans la vie du médicament et mobilise des compétences très diverses, allant du développement galénique à la maintenance industrielle. Elle répond à des normes nationales et internationales très strictes, garantissant la qualité des produits, la sécurité des patients et le respect de l'environnement (voir la figure ci-dessus).

Comment y parvenir ? En tant que représentant des industriels du médicament opérant en France, le Leem porte un certain nombre de propositions visant à renforcer et à sécuriser les capacités industrielles existantes, à accroître l'attractivité française en matière de développement de nouveaux traitements et à tirer les leçons des difficultés rencontrées lors de la crise sanitaire et économique du Covid.

Consolider le tissu industriel existant

Premier préalable : avant de relocaliser, la priorité est d'arrêter les délocalisations, et veiller pour cela à

conserver le savoir-faire français en matière de production chimique de médicaments et à accroître les capacités existantes.

Aujourd'hui, la capacité de production des sites industriels peut être optimisée. Nous devons nous demander comment valoriser l'existant, comment maximiser son potentiel. Car la France reste une terre de production de médicaments avec des acteurs présents dans de nombreux domaines d'expertise, dont la synthèse chimique de principes actifs. C'est d'ailleurs pour cela qu'elle reste un grand exportateur de médicaments (31 milliards d'euros d'exportations en 2019). Les entreprises du médicament peuvent être le véritable fer de lance de la réindustrialisation française, à condition de faire les bons choix.

Il faut garantir la soutenabilité économique de la production sur le long terme. Le secteur n'a pas connu de croissance pendant dix ans et les conditions des marchés intérieurs ne permettent plus d'amortir les coûts liés à la production des médicaments. C'est une des raisons principales des délocalisations. Et ce ne sont pas des subventions – très utiles bien entendu – qui résoudront à elles seules le problème. Pour faciliter et encourager l'investissement sur notre territoire et

produire des médicaments en plus grande quantité, il est impératif de créer des conditions encourageantes, *via* des mesures fiscales et une simplification administrative adaptées aux enjeux du renforcement de l'autonomie sanitaire de notre pays.

La souveraineté sanitaire de la France, sujet quasiment ignoré avant la crise, fait désormais partie des préoccupations des Français. Seuls 28 % d'entre eux considèrent que la France investit suffisamment dans le secteur du médicament pour faire face à une prochaine crise sanitaire. Et 81 % déclarent s'être rendus compte avec la crise de la Covid que la France était dépendante des autres pays pour s'approvisionner en médicaments¹. Mais la population devra également assumer le choix de cette autonomie, et ce quelles qu'en soient l'ampleur et les limites géographiques. Relocaliser la production de principes actifs et de médicaments implique en effet la réimplantation de sites de chimie fine, donc de sites industriels à risque (classés Seveso). Cela demande un travail important de communication auprès des Français au regard de l'acceptabilité d'une telle politique. Car, reconnaissons-le, si des usines ont été délocalisées en Chine ou en Inde, cela n'a pas été malheureusement uniquement pour des raisons économiques.

Un véritable « pacte industriel pour le médicament » est indispensable pour participer, à notre échelle, à l'indépendance sanitaire de l'Europe et pour donner à la France les moyens de mieux anticiper une prochaine crise sanitaire. Une chose est certaine : il faudra avoir une approche holistique de la situation pour pouvoir rapatrier la production de médicaments sur notre sol. Effectivement, aucune entreprise ne voudra produire de principes actifs sur le territoire si elle ne peut s'appuyer sur un marché national. Il est donc indispensable d'intégrer dans les réflexions l'ensemble de la chaîne de valeur du médicament.

Une indispensable réponse à apporter à l'échelle européenne

Second préalable : la réponse à la crise ne pourra pas être apportée à l'échelle du seul territoire français, elle devra être européenne. La France n'a pas les capacités de tout rapatrier sur son sol et de produire uniquement pour son marché intérieur. En outre, induire une compétition sanitaire entre les pays européens aurait des conséquences catastrophiques sur les plans politique, économique, logistique et sanitaire. Il est nécessaire de mener une action concertée entre les pays membres de l'Union européenne, charge ensuite à chacun d'eux de mettre en œuvre la politique ainsi définie sur son propre territoire.

La cartographie de l'existant prend ici tout son sens ; son analyse permettra d'évaluer pour chaque médica-

ment d'intérêt le(s) lieu(x) de production et de provenance du principe actif. Nous pourrions ainsi déterminer précisément notre niveau de dépendance extra-européenne, mais également choisir les classes thérapeutiques sur lesquelles une politique industrielle de relocalisation est à prioriser.

Par ailleurs, la soutenabilité économique d'une filière « Made in Europe » doit être garantie. Car, produire en Europe a un coût. Les politiques de santé actuelles, notamment pour les produits les plus anciens, ont abouti à des baisses de prix de plus en plus importantes, entraînant *in fine* la délocalisation d'une partie de notre production et des difficultés économiques pour ceux qui seraient restés sur le territoire. Aujourd'hui, par exemple, fabriquer des antibiotiques injectables en Europe n'est pas économiquement soutenable.

Prioriser en matière de pharmacopée pour mieux relocaliser

Dans ce débat sur l'indépendance, il existe un préalable : il est illusoire de prétendre à l'indépendance sanitaire sur l'ensemble de la pharmacopée existante. Cela signifie que nous devons déterminer une liste d'une taille adaptée – réaliste – de médicaments d'intérêt sanitaire stratégique (les MISS), sur lesquels seront concentrés les efforts de relocalisation. Cette liste comprendra entre autres l'ensemble des médicaments stratégiques pour lesquels une production sur notre sol est nécessaire en cas de situation de catastrophe (guerre, épidémie, fléaux climatiques...), mais également des médicaments dont le rôle est si crucial en matière de santé publique, qu'une dépendance vis-à-vis de l'étranger n'est pas acceptable, même en situation normalisée. C'est le cas, par exemple, des sédatifs utilisés pour les opérations chirurgicales. Les MISS représentent quelques centaines de médicaments sur lesquels il faut se concentrer.

Dans le cadre des travaux réalisés pour le Conseil stratégique de filière, une étude a d'ores et déjà été menée par le cabinet PwC. Elle liste nos faiblesses industrielles et leurs causes. Mais l'identification des molécules à relocaliser ne peut être réalisée que par les autorités sanitaires françaises et européennes. Aujourd'hui, l'approche reposant sur une concertation entre les pays européens ne permet pas d'aboutir à des résultats homogènes.

La course à l'innovation se joue dès maintenant

Nous avons vu qu'il y a un besoin de compétitivité, qu'il faut s'appuyer sur l'outil de production déjà existant, l'aider à monter en puissance pour produire en plus grande quantité des médicaments. Il faut également maintenir l'industrie chimique traditionnelle, fleuron du pays, pour permettre à la France de retrouver sa place dans la production européenne. Mais l'industrie chimique n'est qu'un des deux pans de l'industrie du médicament dans le futur.

¹ Synthèse de l'étude « L'image des entreprises du médicament » réalisée par le Leem – Observatoire sociétal des entreprises du médicament, septembre-octobre 2021, <https://www.leem.org/publication/ipsos-pour-le-leem-observatoire-societal-des-entreprises-du-medicament-2021>

Avec l'émergence des nouvelles technologies, il est désormais possible d'envisager des approches disruptives qui permettront la production de thérapies innovantes à des coûts abordables et au plus près des besoins des malades. La production de médicaments biologiques (c'est-à-dire, issus du vivant) est donc un enjeu majeur sur le plan de la compétitivité, mais elle est également indispensable pour garantir un meilleur accès des patients aux innovations de demain, ainsi que notre indépendance sanitaire. Nous avons besoin de renforcer notre attractivité pour attirer sur notre territoire la recherche et la production des thérapies innovantes et de créer – nous l'avons dit – un écosystème incitatif en matière d'investissement (mesures fiscales, simplification administrative). La valorisation des atouts français dans le domaine de la bioproduction appelle à la mise en place d'une politique coordonnée. C'est l'objectif de la stratégie d'accélération biothérapie et bioproduction (SABB) dévoilée en janvier 2022 et dotée d'une enveloppe de financement public de 800 millions d'euros.

Et la tendance observée sur le plan des investissements industriels (sur fonds privés) permet de rester optimiste. En 2020, 7,3 milliards d'euros ont été investis dans la recherche et développement en France par les entreprises du médicament, soit 17 % de plus qu'en 2019. La part des dépenses consacrées à des produits biologiques innovants² est de 70 %. 2 milliards d'euros ont en outre été investis dans le tissu industriel français en 2020, soit 11 % de plus qu'en 2019.

Le plan « Santé innovation 2030 » du dernier quinquennat a bien traduit une prise de conscience de la nécessité de mener de front à la fois la réindustrialisation et le soutien à l'innovation. Tout en reprenant les

mesures annoncées dans le cadre du plan (investissement de 7 milliards d'euros), le chef de l'État a mis en avant l'objectif de produire 20 biomédicaments contre les cancers, les maladies émergentes et les maladies chroniques en France.

Enfin, la brique qui manque à l'édifice est de retrouver la croissance de notre marché intérieur. Car, privée de croissance depuis plus d'une décennie, la France reste, malgré tout, moins attractive que ses voisins européens : en cause, le désinvestissement massif de l'État dans le financement du médicament, indépendamment des incidences négatives du poids de notre fiscalité spécifique, de l'instabilité des normes et de nos délais très longs d'accès au marché. Tout cela doit, bien sûr, être mis en regard des atouts indiscutables de notre pays : sa situation géographique, les coûts de l'énergie plus bas que chez ses voisins européens (l'Allemagne, par exemple) grâce au nucléaire, une main-d'œuvre qualifiée présente sur le territoire et la baisse des impôts de production (bien que le secteur pharmaceutique en bénéficie moins que d'autres secteurs).

Tout semble donc encore possible. La situation est loin d'être irréversible, car le médicament est un produit de haute technologie pour lequel les différentiels de coûts de production avec nos concurrents – asiatiques, notamment – ne sont pas toujours dirimants. Le succès de notre autonomie stratégique, à la fois française et européenne, dépendra des mesures qui seront prises pour pérenniser les investissements et garantir un environnement plus attractif et compétitif pour les entreprises du médicament.

² Observatoire des investissements 2021 (observatoire mis en place par le Leem avec le soutien du cabinet Roland Berger), <https://www.leem.org/presse/premiers-resultats-de-l-observatoire-des-investissements-des-entreprises-du-medicament-avec>

La surveillance épidémiologique comme outil de la gouvernance des risques : le cas de la Covid-19

Par Saliha HADNA

Maître de conférences en sciences de l'information et de la communication
(Laboratoire CERTOP – UMR 5044 – Toulouse II & III,
Université Paul Sabatier, Université Jean Jaurès, CNRS)

En France, depuis deux ans, les médias ne cessent de diffuser les chiffres des contaminations et des décès liés à la Covid-19, produisant un effet paradoxal en suscitant la crainte, tout en rendant ces drames singuliers (Pujol *et al.*, 2020). Une surveillance épidémiologique a été mise en place par Santé publique France (SPF), dès mars 2020. Les mesures gouvernementales qui se sont appuyées sur ces chiffres ont fait l'objet de nombreuses critiques (Mucchielli *et al.*, 2020), voire d'une défiance (Idelson, 2021). L'urgence a placé au second plan un problème majeur : l'évolution des maladies chroniques (Jornayvaz et Wojtusciszyn, 2021), notamment du cancer. Or, certains cancers, comme celui du pancréas, ont eu un taux d'incidence en hausse entre 2010 et 2018, le cancer restant la première cause de mortalité en France.

Dans cet article, nous nous intéresserons d'abord au dispositif de surveillance épidémiologique de SPF. Nous analyserons ensuite la manière dont les experts ont été mobilisés lors de cette crise sanitaire. Enfin, nous montrerons que cette gestion de crise a été construite sur une approche court-termiste, dans la mesure où la déprogrammation des opérations jugées « non urgentes » pour donner la priorité aux soins Covid-19 par rapport aux soins liés au cancer n'a pas permis d'anticiper la prochaine vague de surmortalité par cancer pourtant annoncée par plusieurs études médicales.

En France, depuis deux ans, les médias ne cessent de diffuser les chiffres des contaminations et des décès liés à la Covid-19, produisant un effet paradoxal en suscitant la crainte, tout en rendant ces drames singuliers (Pujol *et al.*, 2020). Une surveillance épidémiologique a été mise en place par Santé publique France (SPF), dès mars 2020. Les mesures gouvernementales qui se sont appuyées sur ces chiffres ont fait l'objet de nombreuses critiques (Mucchielli *et al.*, 2020), voire d'une défiance (Idelson, 2021). L'urgence a placé au second plan un problème majeur : l'évolution des maladies chroniques (Jornayvaz et Wojtusciszyn, 2021), notamment du cancer. Or, certains cancers, comme celui du pancréas, ont eu un taux d'incidence en hausse entre 2010 et 2018 (voir la Figure 1 ci-contre), le cancer restant la première cause de mortalité en France.

En mobilisant l'analyse de différents documents, nous nous intéresserons d'abord au dispositif de surveillance épidémiologique mis en place par Santé publique France (SPF). Puis nous analyserons la manière dont les experts ont été mobilisés dans la gestion de cette crise sanitaire. À ce titre, deux dispositifs ont été mis en place pour permettre au gouvernement de disposer d'un vivier de recommandations émanant d'experts : le Conseil scientifique et le Comité analyse, recherche et expertise (CARE). Enfin, nous montre-

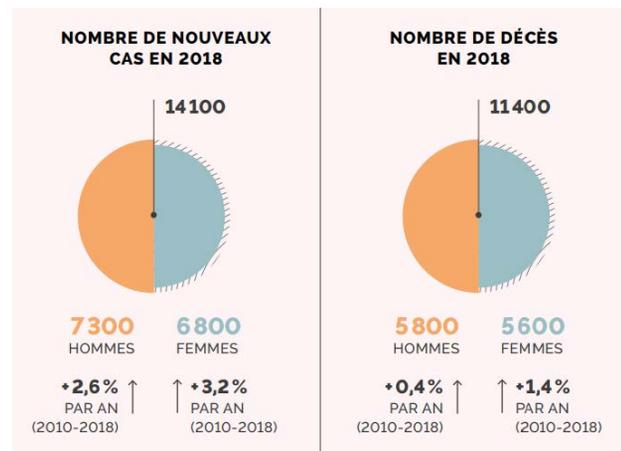


Figure 1 : Évolution des cas de cancer du pancréas en France (Source : Institut national du cancer, 2021).

rons que cette gestion de crise a été construite sur une approche court-termiste et mono-risque, dans la mesure où la déprogrammation des opérations jugées « non urgentes » pour donner la priorité aux soins Covid-19 par rapport aux soins liés au cancer n'a pas permis d'anticiper la prochaine vague de surmortalité par cancer pourtant annoncée par plusieurs études médicales.

L'épidémiologie, une discipline médicale au service du politique

Selon Astagneau (2011), la surveillance épidémiologique, par référence à la définition telle qu'elle prévaut dans les années 1950 dans le monde anglo-saxon, correspond à un « processus systématique de collecte, d'analyse et d'interprétation de données sur des événements de santé spécifiques importants pour la planification, la mise en œuvre et l'évaluation des pratiques en santé publique, étroitement associées à leur juste diffusion vers ceux qui ont besoin d'être informés ». Selon l'auteur, la surveillance épidémiologique implique trois phases consécutives : un recueil de données qui se veut pérenne et systématique (on parle de « système » de surveillance) ; une circulation des informations produites vers les acteurs du système (on parle de rétro-information) ; et une mise à disposition de ces informations à des fins d'actions en faveur de la santé publique (Astagneau, 2011, 7). On retrouve ainsi les trois principaux objectifs de la surveillance épidémiologique : décrire, alerter et évaluer (Astagneau, 2011). En France, les mobilisations sociales autour de l'épidémie du Sida dans les années 1980 ont joué « un rôle structurant pour la surveillance épidémiologique » (Girard, 2016) conduisant à des évolutions réglementaires en faveur de l'institutionnalisation de cette dernière. C'est dans ce contexte que sera créé le Réseau national de la santé publique en 1992, qui sera transformé en agence d'État en 1998 et que l'on connaîtra plus tard sous le nom d'Institut de veille sanitaire (InVS) (Ancelle, 2011). Cet institut sera ensuite remplacé par SPF. Cette dernière est une agence nationale créée le 1^{er} mai 2016 par la loi Santé du 26 janvier 2016 et par l'ordonnance du 14 avril 2016. Elle remplace trois agences sanitaires : l'Institut de veille sanitaire (InVS) ; l'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (Inpes) et l'Établissement de préparation et de réponse aux urgences sanitaires (Eprus). Sa principale mission est d'« améliorer et protéger la santé des populations ». La pandémie de Covid-19 apparaît le 16 novembre 2019 à Wuhan (Chine). Les premiers cas sont observés en France en janvier 2020, deux mois avant que l'OMS ne déclare officiellement l'état de pandémie mondiale. C'est dans ce contexte que SPF met en place, dès le 10 janvier 2020, un nouveau dispositif de surveillance épidémiologique.

SPF et la surveillance épidémiologique assurée dans le cadre de la Covid-19

Les chiffres des décès liés à la Covid-19 sont, à partir de mars 2020, communiqués quotidiennement sur les chaînes télévisées d'information en continu. La mort s'est ainsi invitée comme un sujet banal dans le quotidien des Français, et l'information reste transmise d'une manière ou d'une autre, même lorsque les médias traitent d'un autre sujet que la Covid-19, sous la forme, par exemple, de bandeaux d'information.

Cette communication médiatique, mais aussi gouvernementale, est relayée dans les réseaux sociaux, ce qui a pu engendrer une angoisse chez certaines personnes vulnérables (Naviaux, Janne et Gourdin, 2020).

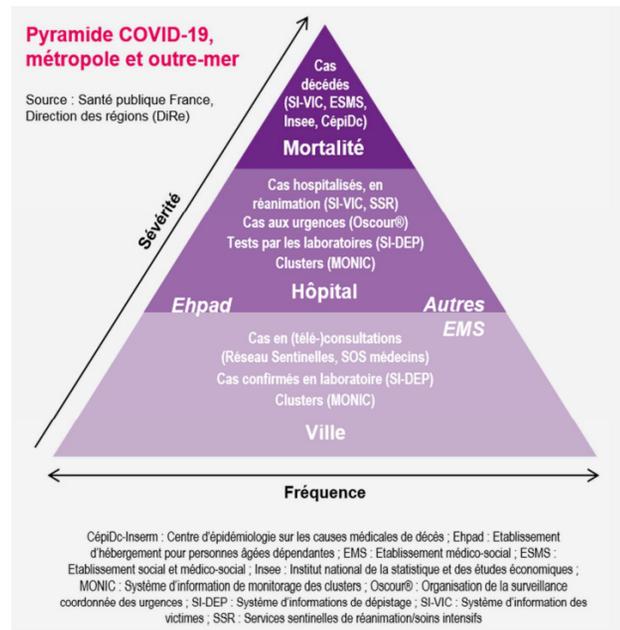


Figure 2 : La surveillance épidémiologique en France (Source : SPF).

Selon une étude de l'OMS, les cas de dépression et d'anxiété auraient ainsi augmenté de 25 % dans le monde à cause de la pandémie¹. Parmi les facteurs de stress les plus cités, on retrouve « la solitude, la peur de l'infection, des souffrances et de la mort pour soi-même et pour ses proches, le chagrin après le deuil et les soucis financiers »². Par ailleurs, des critiques ont émergé dans la littérature scientifique vis-à-vis de la méthode employée par SPF. En s'intéressant au cas particulier des Alpes-Maritimes, plusieurs médecins ont ainsi mis en lumière des écarts importants entre ces différentes sources, pourtant toutes officielles.

« Le Conseil scientifique utilise les données de SPF [relatives au] nombre d'hospitalisations ou de lits de réanimation pour motiver ses avis. Or, les données de SPF issues de SI-VIC ont associé des patients hospitalisés pour Covid et des patients testés PCR positifs, mais dont le motif d'hospitalisation n'était pas en rapport avec une infection à Sars-Cov-2 [...] »³.

Le fait de prendre en compte aussi bien les personnes hospitalisées contaminées par la Covid-19 que des patients admis pour d'autres causes mais également atteints de la Covid-19 aurait contribué à gonfler les chiffres, inutilement selon les médecins précités. Autre problème, l'usage du Système d'Informations de DEPistage (SI-DEP), qui repose sur la pseudonymisation des patients, laquelle a conduit à créer des doublons dans le comptage des patients atteints de la Covid-19, a de fait lui aussi gonflé artificiellement les

¹ WHO (2022), "Mental Health and Covid-19: Early evidence of the pandemic's impact", *Scientific brief*, 2 March.

² <https://www.who.int/fr/news/item/02-03-2022-covid-19-pandemic-triggers-25-increase-in-prevalence-of-anxiety-and-depression-worldwide>

³ BARJOAN E. M. *et al.* (2021), « Hospitalisation avec ou pour Covid-19 : quel indicateur de surveillance choisir ? », *Santé publique*, vol. 33, n°5, p. 725.

taux de positivité et les taux d'incidence. En effet, pour des raisons liées à la protection des données personnelles, ce dispositif ciblant les dépistages (notamment les tests antigéniques et les tests salivaires) attribuait grâce à un algorithme un pseudonyme à chaque personne dépistée, mais ce pseudonyme pouvait changer même si deux tests étaient réalisés par le même individu à quelques jours d'intervalle.

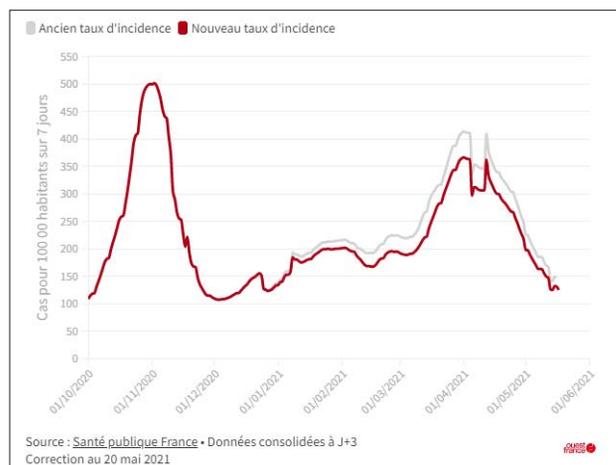


Figure 3 : Écart entre l'ancien et le nouveau taux d'incidence (Source : <https://www.ouest-france.fr/sante/virus/coronavirus/le-nombre-de-cas-de-covid-19-surestime-depuis-des-mois-le-taux-d-incidence-revu-a-la-baisse-150e7098-b964-11eb-a0fd-a22b595c4b48>).

Un effet pervers que la SPF a elle-même souligné : « Lorsque les données nominatives d'un même patient n'étaient pas saisies exactement de la même façon, deux pseudonymes différents pouvaient être générés pour une seule [et même] personne testée deux fois, sans qu'il soit possible de l'identifier comme un doublon »⁴.

L'anonymisation telle qu'elle a été mise à jour par la suite par SPF a permis d'obtenir qu'un seul pseudonyme par patient. SPF a reconnu des écarts entre les deux méthodes d'anonymisation : ainsi, la première méthode se traduisant par une augmentation du taux d'incidence de 12 % par rapport à la seconde et une augmentation du taux de positivité de 8 %.

Ce sont donc des chiffres erronés qui ont été publiés, même si SPF a souligné que ces erreurs n'avaient en rien modifié « l'appréciation de la dynamique de l'épidémie » et qu'il s'agissait plutôt de « renforcer l'efficacité » du système que de le corriger⁵. L'exhaustivité recherchée par SPF aurait donc montré ses limites. Des réflexions ont été menées quant aux méthodes et aux systèmes de collecte de données utilisés par les différents pays, avec notamment une problématique relative aux comparaisons internationales (Garcia *et al.*, 2021). Si les méthodes employées par SPF ont pu faire l'objet de débats, l'usage des données épidémiolo-

giques par le gouvernement a provoqué des craintes, comme celle d'une place trop importante donnée aux experts. Deux principaux discours seront transmis dans les médias quotidiennement : le discours de l'expert et celui du politique.

De la perméabilité des frontières entre politique et expert

La crise sanitaire mettra les acteurs politiques face à leurs limites : bien qu'ils aient la charge de la prise de décision dans de nombreux domaines, ils n'en sont pas pour autant des experts censés « fournir un avis scientifiquement ou techniquement fondé sur la question examinée dont ils sont reconnus spécialistes » (Delmas, 2011, 9). Le terrain d'action de l'expert s'est ainsi étendu à celui du politique : « Pas de problématique de santé publique sans expert, pas de politique de santé publique sans agence d'expertise ! » (Tabuteau, 2010, 33). Ce sujet a particulièrement été discuté durant le premier quinquennat du président Emmanuel Macron, au cours duquel la place importante des cabinets d'experts dans le processus décisionnel a été mise en lumière par les médias, mais également par le rapport sénatorial sur « l'influence croissante des cabinets de conseil privés sur les politiques publiques », qui pointait du doigt le rôle du cabinet américain McKinsey dans « l'évaluation de la stratégie nationale de santé »⁶. Durant la pandémie, ce sont deux dispositifs principaux qui vont être mis en place par le gouvernement français pour appuyer et éclairer ses décisions grâce aux avis des experts. Le premier dispositif correspond au Conseil scientifique mis en place le 10 mars 2020. Il est constitué de onze membres qui sont « tous internationalement reconnus dans leur domaine d'expertise »⁷. Comme précisé dans l'article 1.3 de son règlement, il a « un rôle d'aide à la décision », puisqu'il est « consultatif et dépourvu de fonction opérationnelle ». Le second dispositif réside dans l'instauration du Comité analyse, recherche et expertise (CARE). Composé de douze médecins et chercheurs, il a été mis en place le 24 mars 2020 avec pour objectif d'éclairer le gouvernement au travers de propositions émanant de scientifiques œuvrant en France ou à l'étranger⁸. Mais la Covid-19 « a provoqué une crise des rapports entre politique et expertise » (Hatchuel, Le Masson et Weil, 2021), dans la mesure où les recommandations et décisions émanant du politique sont moins soumises au principe de justification auprès du public que celles provenant des experts. Mais, surtout, certaines restrictions tel que le confinement ou la vaccination ont soulevé un débat majeur portant sur les libertés, provoquant ainsi un passage du « droit à la santé » au « devoir de

⁴ SPF, « Des indicateurs plus précis pour le suivi des cas confirmés de Covid-19 », 20 mai 2021.

⁵ <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2021/des-indicateurs-plus-precis-pour-le-suivi-des-cas-confirmes-de-covid-19>

⁶ BAZIN A. (sénateur, président) et ASSASSI E. (sénatrice, rapporteure), rapport du Sénat n°578 fait au nom de la commission d'enquête sur l'influence croissante des cabinets de conseil privés sur les politiques publiques intitulé « Un phénomène tentaculaire : l'influence croissante des cabinets de conseil sur les politiques publiques ». Ce rapport a été remis au Président du Sénat et enregistré à la présidence du Sénat le 16 mars 2022.

⁷ <https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2020/03/24/medecins-chercheurs-et-scientifiques-mobilises-contre-le-covid-19>

⁸ <https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2020/03/24/medecins-chercheurs-et-scientifiques-mobilises-contre-le-covid-19>



Figure 4 : Exemples de messages diffusés lors de campagnes de prévention et de vaccination contre la Covid-19 (Source : À gauche, <https://centrevaleloire.mutualite.fr/actualites/vaccination-covid19-la-mutualite-francaise-engagee> ; à droite, capture d'écran : <https://www.youtube.com/watch?v=SDn0GrWK88U>).

santé ». Les cas les plus extrêmes ont été observés avec la stratégie « Zéro Covid » menée en Chine, un pays où même des citoyens testés négatifs à la Covid-19 ont été mis en quarantaine, parfois violemment avec l'intervention des forces de l'ordre⁹. En avril 2022, à Shanghai, des résidents ont été expulsés de force de leurs habitations afin que ces dernières puissent servir de lieu de quarantaine pour des personnes infectées¹⁰. Concernant la France, entre le 24 janvier et le 14 mars 2022, il était par exemple impossible, après la mise en place du « passe vaccinal », de pénétrer dans certains lieux publics si l'on n'était pas vacciné. Si ces restrictions ont été parfois perçues comme des atteintes à la liberté, elles ont souvent été justifiées dans le discours officiel comme des devoirs citoyens pour « se protéger », mais aussi pour « protéger les autres ».

Selon le baromètre IPSOS « Science et société » (2020), le rôle des scientifiques dans la production de mesures contre la Covid-19 est justifié pour 76 % des Français interrogés. Mais certaines recommandations vont avoir un impact non négligeable sur la société. C'est plus particulièrement l'impact social et économique de ces recommandations qui posera problème. Lors du discours présidentiel du 16 mars 2020 faisant suite au Conseil scientifique tenu à la même date, on a pu entendre : « Les crèches, les écoles, les collèges, les lycées, les universités sont fermés depuis ce jour. Samedi soir, les restaurants, tous les commerces non essentiels à la vie de la nation ont également clôt leurs portes » (adresse aux Français du Président de la République, en date du 16 mars 2020).

Les recommandations élaborées par les experts ont opposé deux domaines de la société : l'économie et la santé. Elles ont opéré ce que l'on pourrait appeler une « priorisation des activités » au sein de ces deux domaines, puisque certains secteurs économiques ont été plus défavorisés que d'autres. En filigrane, c'est la limite des politiques de santé publique qui a été discutée. Parmi les activités non essentielles, on comptait les métiers de l'art, plus largement de la culture, ou encore ceux du tourisme. Certaines restrictions ont même été perçues comme paradoxales, dans la mesure où la fermeture des lieux d'activités sportives a contribué à isoler

certaines populations, notamment les jeunes ; un isolement qui a eu un impact sanitaire à long terme, puisque cette restriction ajoutée aux confinements et au télétravail aurait causé une hausse des situations de surpoids et d'obésité, tous deux « reconnus comme la cinquième cause de mortalité par l'OMS » (Inserm, 2019). À travers ces restrictions, l'objectif était d'arriver à une forme d'aseptisation de la société, à préserver celle-ci de tout risque lié à la Covid-19. Mais cela relevait plutôt d'une approche court-termiste et « mono-risque », puisque, comme cela vient d'être souligné, la problématique de certaines maladies chroniques, comme l'obésité, a quelque peu été mise de côté. La Covid-19 a occupé toute la place dans la stratégie sanitaire développée durant la pandémie et a ainsi conditionné le traitement des autres pathologies. Et pour cause, contrairement à d'autres périodes de crise comme celle de la catastrophe nucléaire de Tchernobyl dans les années 1980, ou plus récemment celle de Fukushima, la crise de la Covid n'engageait pas les États à avancer vers l'« incertitude » (Callon, Lascoumes et Barthe, 2001), mais plutôt vers l'« inconnu », dans la mesure où, en plus d'aider à la prise de décision, les experts, face à une épidémie aussi inédite, devaient « clarifier les lacunes du savoir, organiser la progression des connaissances et susciter des politiques d'innovation adaptées » (Hatchuel, Le Masson et Weil, 2021). L'urgence ne facilitant pas la réflexivité, les conséquences de certaines recommandations sur le long terme n'ont pu être anticipées. D'ailleurs, d'autres experts ont abordé l'impact catastrophique qu'allaient avoir ces fermetures sur l'économie du pays¹¹. Le fond du débat autour de la question d'un gouvernement assisté par les experts portait donc moins sur la légitimité des scientifiques dans la construction d'un discours et d'une action politiques que sur l'efficacité réelle sur le plan sanitaire des restrictions mises en place, en tenant compte des lourdes conséquences qu'elles ont pu avoir (et vont encore avoir) sur le plan économique. En d'autres termes, les médecins ont-ils la légitimité de mettre à l'arrêt l'économie d'un pays, au nom de la santé publique ? L'urgence ne nécessitait-elle pas la mise en place d'une expertise plus élargie ? Mais ce phénomène de priorisation dans l'urgence a eu bien d'autres conséquences, puisqu'il a touché un autre domaine que l'économie : celui du traitement des maladies chroniques, dont le cancer.

⁹ Négatifs et envoyés de force en quarantaine : Shanghai continue sa stratégie « Zéro Covid », Europe 1, AFP, 2 mai 2022.

¹⁰ Sud Ouest, AFP, Covid-19 en Chine : Shanghai toujours confinée, affrontement entre des policiers et des habitants expulsés, 15 avril 2022.

¹¹ COHEN C. (2020), « "C'est un choc auquel aucun d'entre nous n'était préparé" : comment les économistes vivent la crise du Covid-19 », *Le Figaro*, 7 décembre.

De la mortalité provoquée par la Covid-19 à la surmortalité liée au cancer

La crise de la Covid-19 a imposé aux gouvernants d'adopter une approche chiffrée des impacts sociaux, sanitaires et économiques de la pandémie sur la population de leurs pays respectifs, notamment à travers les statistiques. Le décompte des décès dus à la Covid-19 a été un « enjeu crucial » et les statistiques produites en la matière ont facilité les comparaisons internationales et l'étude de l'efficacité des politiques sanitaires (Garcia *et al.*, 2021).

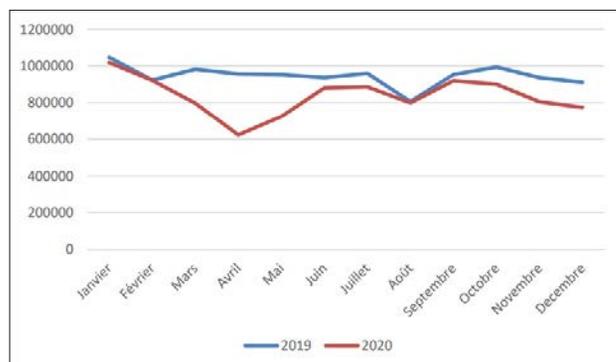


Figure 5 : Activité hospitalière en 2020 par rapport à 2019 (nombre de courts séjours, hors hospitalisations de jour) (Source : MILCENT C., sur la base des données ATIH 2020 (*in* PITTET *et al.*, 2021)).

Hôpitaux : une adaptation dans l'urgence

L'approche chiffrée a rendu plus aisées les prises de décisions, dans la mesure où des hypothèses concluaient à une mortalité plus ou moins forte en fonction de l'âge (Pison et Mesle, 2021). Mais la Mission indépendante nationale sur l'évaluation de la gestion de la crise Covid-19 et sur l'anticipation des risques pandémiques a, dans son rapport publié en mars 2021¹², mis en avant une conséquence dramatique « indirecte » de cette crise sanitaire, à moyen et long termes. Elle pointe ainsi du doigt la surmortalité que les retards de diagnostic risquent d'entraîner¹³. On a observé une baisse entre mars et mai 2020 de 58 % des actes chirurgicaux et de 39 % de ceux relevant de la médecine (Pittet *et al.*, 2021). D'une manière générale, l'activité hospitalière est largement en baisse en 2020 par rapport à 2019 (voir la Figure 5 ci-dessus).

On note aussi une baisse significative des actes thérapeutiques et des diagnostics en cancérologie. Ainsi, les hospitalisations comprenant au moins un acte d'endoscopie digestive ont chuté de plus de 26 % (Pittet *et al.*, 2021) (voir la Figure 6 ci-contre).

Des travaux ont conclu que le retard dans le traitement de certains cancers dû à la crise de la Covid-19 a eu un impact sur la mortalité des patients souffrant de ce type

de pathologies, notamment en ce qui concerne certains types de tumeurs (vessie, sein, côlon, rectum, poumon, col de l'utérus, tête et cou), et ce aussi bien en ce qui concerne la chirurgie que le traitement systémique ou encore la radiothérapie (Hanna *et al.*, 2020).

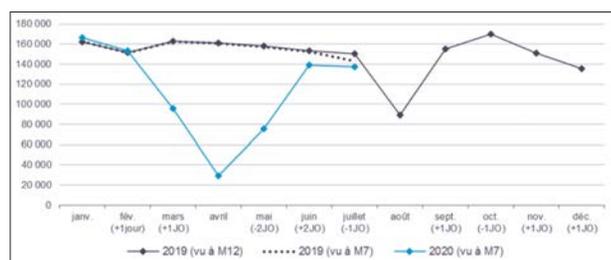


Figure 6 : Nombre de séjours avec au moins un acte d'endoscopie digestive ou d'endoscopie bronchique/ORL par mois de sortie (Source : PITTET *et al.*, 2021, sur la base des données ATIH).

Prioriser pour mieux gérer ?

Une étude parue au Royaume-Uni dans la revue *The Lancet* fait état d'une surmortalité pouvant aller de 5 à 15 % pour certains types de cancers dans les cinq ans à venir (Maringe *et al.*, 2020). Une autre étude menée par des chercheurs français de l'Université de Montpellier et de l'Institut du cancer de Montpellier s'est intéressée au cas du cancer colorectal. Leur étude publiée dans le *Journal of the American Medical Association* montre une différence de charge tumorale entre les patients diagnostiqués avant le confinement et ceux dont la première visite chez l'oncologue a été retardée à cause de la crise de la Covid-19. Cette étude souligne un lien entre les restrictions d'accès aux hôpitaux à cause de la pandémie et les « conséquences défavorables pour les patients atteints d'un cancer colorectal métastatique nouvellement diagnostiqué [...] » (Thierry *et al.*, 2021). On peut également citer l'étude menée par le service biostatistique et d'épidémiologie du centre Gustave Roussy. Elle montre que les retards et décalages de rendez-vous médicaux provoqueraient « une augmentation *a minima* de 2 % des décès par cancer à 5 ans »¹⁴. Une partie de ces retards sont également le fait de certains patients réticents à se rendre en milieu hospitalier, pour deux raisons principales : la crainte de surcharger des services hospitaliers déjà sous pression et la peur d'être infectés par la Covid-19 (Thierry *et al.*, 2021 ; *The Lancet Oncology*, Editorial, 2021). La pandémie a aussi eu des conséquences sur les traitements. Dans l'adresse aux Français du jeudi 12 mars 2020, le Président de la République annonçait la nécessité de reporter les opérations qualifiées de « non urgentes »¹⁵. Certains patients ont été confrontés au choix d'être opérés avec le risque de ne pouvoir être réanimés en cas de problème, ou de décaler leur date d'opération¹⁶. En effet, parmi les chiffres quotidienn-

¹⁴ Communiqué de presse du centre Gustave Roussy, Cancer Campus Grand Paris, ESMO 2020.

¹⁵ Élysée, adresse aux Français, jeudi 12 mars 2020.

¹⁶ https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/11/29/pendant-ce-temps-on-ne-sait-pas-comment-le-cancer-evolue-les-deprogrammes-de-la-deuxieme-vague-du-covid-19-entre-colere-et-resignation_6061525_3244.html

¹² PITTET D. *et al.* (2021), rapport final de la Mission indépendante nationale sur l'évaluation de la gestion de la crise de la Covid-19 et sur l'anticipation des risques pandémiques.

¹³ *Ibid*, p. 5.

nement communiqués par les médias, figuraient ceux relatifs aux lits de réanimation. Or, comme l'a souligné la Cour des comptes dans son rapport public annuel (mars 2021), ces lits sont un paramètre central dans la gestion d'une crise sanitaire, bien que cette activité hospitalière reste « peu connue du grand public » et « rarement analysée par les institutions publiques d'évaluation et de contrôle »¹⁷. Aux activités essentielles ou « non essentielles », la Covid-19 venait alors ajouter d'autres catégories : les opérations urgentes et d'autres interventions jugées « non urgentes ». L'urgence imposée par la crise a bouleversé les ordres de priorité initiaux. On comprend alors que ce qui se jouait dans cette priorisation des prises en charge des pathologies était une certaine définition de la gravité, laquelle était conditionnée par les moyens matériels disponibles et l'urgence de la situation. Cela démontre que la crise de la Covid-19 dépasse bien largement le cadre *stricto sensu* de la pandémie de la Covid-19, puisque d'autres « crises à retardement » sur les plans sanitaire, économique et politique risquent de voir le jour au cours des prochaines années.

Conclusion

L'exhaustivité recherchée dans le système développé par SPF a paradoxalement été néfaste, dans la mesure où son dispositif initial présentait des failles, notamment la récolte de données non utiles. Une gouvernance orientée strictement sur des objectifs sanitaires a de fait eu des conséquences économiques profondes, et a dans le même temps reposé sur une approche « monorisque » du fait de la situation inquiétante des hôpitaux sur le plan économique. Dans une étude menée par la Fédération des hôpitaux de France auprès de 300 hôpitaux, les « directeurs des ressources humaines notent la fatigue des professionnels et une hausse des intentions de départ [...], qui illustrent un sentiment de lassitude »¹⁸. L'épidémie de Covid-19 a d'ailleurs réactivé ce débat pourtant préexistant sur les conditions de travail, en faisant « apparaître, d'une façon particulièrement crue, les failles maintes fois énoncées par les acteurs de la santé publique » (Société française de santé publique, 2020, 5).

On peut dire que si le rôle des experts en santé publique dans la gestion de cette crise a été perçu comme légitime, c'est bien le champ des mesures de restriction qu'ils ont proposées qui a fait débat, dans la mesure où la santé publique a de fait empiété sur l'économie. Elle a d'ailleurs, avec l'aval du gouvernement, contribué à distinguer les activités « essentielles » des activités « non essentielles à la vie de la nation ». Il serait ici intéressant d'étudier l'impact de ces catégorisations sur l'évolution des choix professionnels faits par des jeunes ayant été confrontés à ces discours, car « la capacité à pourvoir les métiers en tension constitue un enjeu socio-économique majeur pour les années à venir »

(Jacquemier-Paquin, Jeanpert et Claye-Puau, 2021, 36). La dimension inédite de cette épidémie a imposé une organisation dans l'urgence, qui si elle perdure en dehors de tout travail de réflexivité, ne sera pas en mesure de répondre aux nombreuses conséquences économiques qui se poseront à long terme. En outre, il apparaît urgent d'engager une réflexion « globale et interdisciplinaire » eu égard à « l'insuffisante préparation de notre pays » à apporter une réponse efficace aux crises sanitaires, aux « difficultés logistiques qui ont été traversées » et à la nécessité « anticipation des prochains épisodes épidémiques » (Société française de santé publique, 2020, pp. 6-7). Mais tout cela ne pourra être efficace sans une évolution nette du système de santé français et une amélioration des conditions de travail en hôpital ; il y a en la matière urgence, certaines études démontrant que d'autres épidémies pourraient émerger prochainement. À ce titre, il faut souligner que dans les pays nordiques, les épidémies de maladies infectieuses ont été un peu mises de côté du fait de l'existence de traitements médicaux efficaces et de la nécessité de se concentrer en priorité sur le développement de maladies chroniques devenues plus fréquentes (Dab, 2021). Or, l'actualité souligne la nécessité de surveiller l'évolution des maladies épidémiques : c'est ainsi que l'OMS, inquiète de l'évolution de l'épidémie de variole du singe survenue au Royaume-Uni le 7 mai dernier, a évalué le 23 juin 2022, dans le cadre de son comité d'urgence, la nécessité de la déclarer comme une « urgence de santé publique internationale »¹⁹. Au vu de l'évolution rapide de cette épidémie, elle a d'ores et déjà supprimé la distinction faite entre pays endémiques et pays non endémiques. On apprendra un mois plus tard, le 23 juillet 2022, que « l'organisation déclençait son plus haut niveau d'alerte »²⁰, cette épidémie ayant déjà touché à cette période 74 pays.

Enfin, les qualifications d'opérations « non urgentes » et d'activités « non essentielles à la vie de la nation » pourraient avoir des conséquences dans les années à venir. Le manque cruel de connaissances sur la Covid-19 a imposé aux décideurs d'opter pour le scénario le plus pessimiste : cette épidémie tuerait plus vite que les maladies chroniques, dont on sait que les conséquences graves peuvent intervenir à moyen ou long terme. En d'autres termes, les experts comme les décideurs ont opté pour une approche court-termiste et centrée sur les risques Covid-19, ce qui a conduit à monopoliser les équipements et les moyens humains autour de cette épidémie, et donc au détriment des personnes souffrant de maladies chroniques. Mais cette vision, si elle a permis de limiter les dégâts de cette épidémie en termes de mortalité, n'évitera certainement pas les vagues de surmortalité causées par les retards de diagnostic et dans le traitement de cancers, ni la « pandémie de troubles psychiques » (Gandre et Hazo, 2021) ou encore les troubles d'« anxiété postnatale

¹⁷ Cour des comptes (2021), rapport public annuel, « Réanimation et soins critiques en général : un modèle à repenser après la crise », Tome I, mars.

¹⁸ VIGIE (2020), *Les Tribunes de la santé*, vol. 66, n°4, pp. 7-11.

¹⁹ « L'OMS va évaluer si la variole du singe représente une "urgence de santé publique internationale", *Le Monde*, AFP, 15 juin 2022.

²⁰ « Variole du singe : l'OMS déclenche son plus haut niveau d'alerte pour tenter de contrôler la maladie », Franceinfo, AFP, 23 juillet 2022.

maternelle » (Fourneret et Wendland, 2022) engendrés par la crise sanitaire, ni même la pandémie d'obésité qui, selon l'OMS, frappe déjà durement l'Europe.

Bibliographie

ASTAGNEAU P. & ANCELLE T. (2011), « Surveillance épidémiologique. Principes, méthodes et applications en santé publique », *Médecine Sciences Publications*, Éditions Lavoisier, 360 pages.

COUR DES COMPTES (2021), rapport public annuel « Réanimation et soins critiques en général : un modèle à repenser après la crise », Tome I, mars.

DAB W. (2021), « Objets et apports de l'épidémiologie », in *Les fondamentaux de l'épidémiologie*, sous la direction de Dab William, Presses de l'EHESP, pp. 19-22.

DELMAS C. (2011), *Sociologie politique de l'expertise*, La Découverte.

GARCIA J. *et al.* (2021), « Différences de mortalité par Covid-19 : conséquence des imperfections et de la diversité des systèmes de collecte des données », *Population*, vol. 76, n°1, pp. 37-76.

GIRARD G. (2016), « Les réseaux mis en contexte. Une perspective comparative de la prise en charge du VIH en France et au Québec », in BROSSARD B. & WHITE D. (dir.), *La santé en réseaux. Exploration des approches relationnelles dans la recherche sociale au Québec*, Montréal, Presses de l'Université du Québec, 260 pages.

GREVSMÜHL S. (2020), « Cartographie : John Snow et la topographie du choléra », in DELAURENTI Béatrice & LE ROUX Thomas, *De la contagion*, Éditions Vendémiaire, pp. 65-72.

HANNA T. P. *et al.* (2020), "Mortality due to cancer treatment delay: systematic review and meta-analysis", *British Medical Journal*.

IDELSON B. (2021), « Méfiance et défiance vis-à-vis de l'autorité de santé : la Covid-19 dans l'espace médiatique réunionnais », *Hermès, La Revue*, vol. 88, n°2, pp. 264-267.

INSERM (2019), dossier « Obésité. Une maladie des tissus adipeux », <https://www.inserm.fr/dossier/obesite/>

INSTITUT NATIONAL DU CANCER (2021), *Panorama des cancers en France*, https://www.e-cancer.fr/pdf_inca/preview/303372/4327939/file/Panorama%20des%20cancers%20en%20France_2021.pdf

JACQUEMIER-PAQUIN L. *et al.* (2021), « Renforcer l'attractivité d'un métier en tension : impact d'une campagne d'affichage sur l'image, l'attitude et l'intention envers le métier de conducteur routier », @GRH, vol. 41, n°4, pp. 13-43.

JORNAYVAZ F. R. & WOJTUSCISZYN A. (2021), « Le diabète : une pandémie oubliée ? », *Revue médicale suisse*.

THE LANCET ONCOLOGY (2021), *Covid-19 and cancer: 1 year on*, Editorial, vol. 22.

MUCCHIELLI L. *et al.* (2020), « Mortalité du Covid en France : ce que nous apprennent les chiffres », *Journal International de Médecine*.

NAVIAUX A. F. *et al.* (2020), « La pandémie du Covid-19 : surdosage médiatique, craintes et bientôt antonomase ? », *Annales médico-psychologiques*, vol. 178, pp. 793-794.

PISON G. & MESLE F. (2021), « France 2020 : 68 000 décès supplémentaires imputables à l'épidémie de Covid-19 », *Population & Sociétés*, vol. 587, n°3, pp. 1-4.

PITTET D. *et al.* (2021), rapport final de la Mission indépendante nationale sur l'évaluation de la gestion de la crise de la Covid-19 et sur l'anticipation des risques pandémiques.

PUJOL N. *et al.* (2020), « Mourir au temps du Covid-19 », *Laennec*, vol. 68, n°4, pp. 5-20.

« La santé publique en France à l'épreuve de la Covid-19 », *Santé publique* 32, 2020, pp 5-7.

TABUTEAU D. (2010), « L'expert et la décision en santé publique », *Les Tribunes de la santé*, vol. 27, n°2, pp. 33-48.

THIERRY A. R. *et al.* (2021), "Association of Covid-19 Lockdown With the Tumor Burden in Patients With Newly Diagnosed Metastatic Colorectal Cancer", *Journal of the American Medical Association (JAMA)*, Netw Open, 4(9).

VALLERON A.-J. (2011), « Brève histoire de l'épidémiologie avant le XX^e siècle », *La Jaune et la Rouge*.

VIGIE (2020), dossier « Les sociétés face aux épidémies : de la peste à la Covid-19 », *Les Tribunes de la santé*, vol. 66, n°4, pp. 7-11.

L'accès à l'eau en temps de crise sanitaire : le service public à l'épreuve de la Covid-19 en Guyane

Par Priscilla THÉBAUX et Damien DAVY

Laboratoire Écologie, évolution et interactions des systèmes amazoniens
(CNRS-Université de Guyane-IFREMER)

Et Agathe EUZEN

CNRS (LATTS) et Institut Écologie et environnement du CNRS

Pour permettre aux habitants des quartiers informels de respecter les gestes barrières, les autorités publiques guyanaises ont mis en place un dispositif gratuit d'accès à l'eau potable. Dans un contexte de manque d'accès chronique à cette ressource essentielle, nous questionnons les enjeux multiples auxquels ce dispositif vient répondre et son impact dans la construction du service public en Guyane. Notre enquête exploratoire a été menée, en 2020, auprès d'habitants et d'acteurs en charge du service considéré. Nous montrons comment, dans ce contexte d'urgence, les acteurs « classiques » du service public ont joué un rôle secondaire, laissant la place à de nouveaux acteurs. Aussi, la mise en place du dispositif revêt une forme singulière dépendant de choix techniques et politiques. Dans les usages, il répond aussi à des enjeux pratiques et symboliques. Si le point de départ de son installation est la lutte contre la propagation du virus, il doit désormais s'insérer dans les logiques propres au service public d'eau potable.

Se laver les mains est l'un des gestes barrières recommandés pour lutter contre la Covid-19. Mais comment le faire quand on n'a pas accès à l'eau ? En Guyane, les derniers chiffres disponibles indiquaient qu'en 2018, plus de 15 % des habitants ne disposaient pas d'un accès à l'eau à l'intérieur de leur logement¹. Assurer un lavage fréquent des mains, dans les conditions telles que définies par l'OMS², peut alors devenir une vraie difficulté.

Pour pallier ce manque, dans un contexte de crise sanitaire généralisée, un dispositif gratuit d'accès à l'eau potable a été installé en urgence, dès mars 2020, à proximité de quartiers informels non alimentés de villes du littoral guyanais. Deux dispositifs techniques distincts ont été mis en place : d'une part, la mise en gratuité de bornes fontaines monétiques (BFM) collectives qui fonctionnent habituellement avec une carte

prépayée, des bornes déjà en service depuis plusieurs années sur le territoire de certaines communes ; d'autre part, l'installation de rampes métalliques équipées de robinets et raccordées à une canalisation d'eau potable du réseau public. En l'absence d'un tel réseau à proximité du quartier à desservir, des réservoirs, communément appelés « bâches souples » d'une capacité de 5 000 litres, ont été installés, lesquels sont remplis deux fois par semaine, par camion.

Comment, par qui et pour qui sont mis en place ces accès temporaires à l'eau en cette période de crise ? Dans un contexte d'urgence et d'incertitude, comment cela s'insère-t-il dans les enjeux du service public d'eau potable en Guyane ? D'un point de vue méthodologique, notre réflexion s'appuie sur une enquête exploratoire de terrain réalisée, de juillet à novembre 2020, auprès des habitants de quatre quartiers se situant entre les villes de Kourou et de Roura, et présentant des statuts et des types d'habitats différenciés (voir la Figure 1 de la page suivante). C'est à partir de ces quartiers que nous avons observé la mise en place du dispositif. Tous ont bénéficié de l'installation d'un point d'eau, dont nous retraçons la genèse au fil de notre analyse.

¹ Données Insee 2018.

² OMS and Unicef, "Water, sanitation, hygiene, and waste management for the Covid-19 virus", Interim Guidance, march 2020, third edition, https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331499/WHO-2019-nCoV-IPC_WASH-2020.2-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y

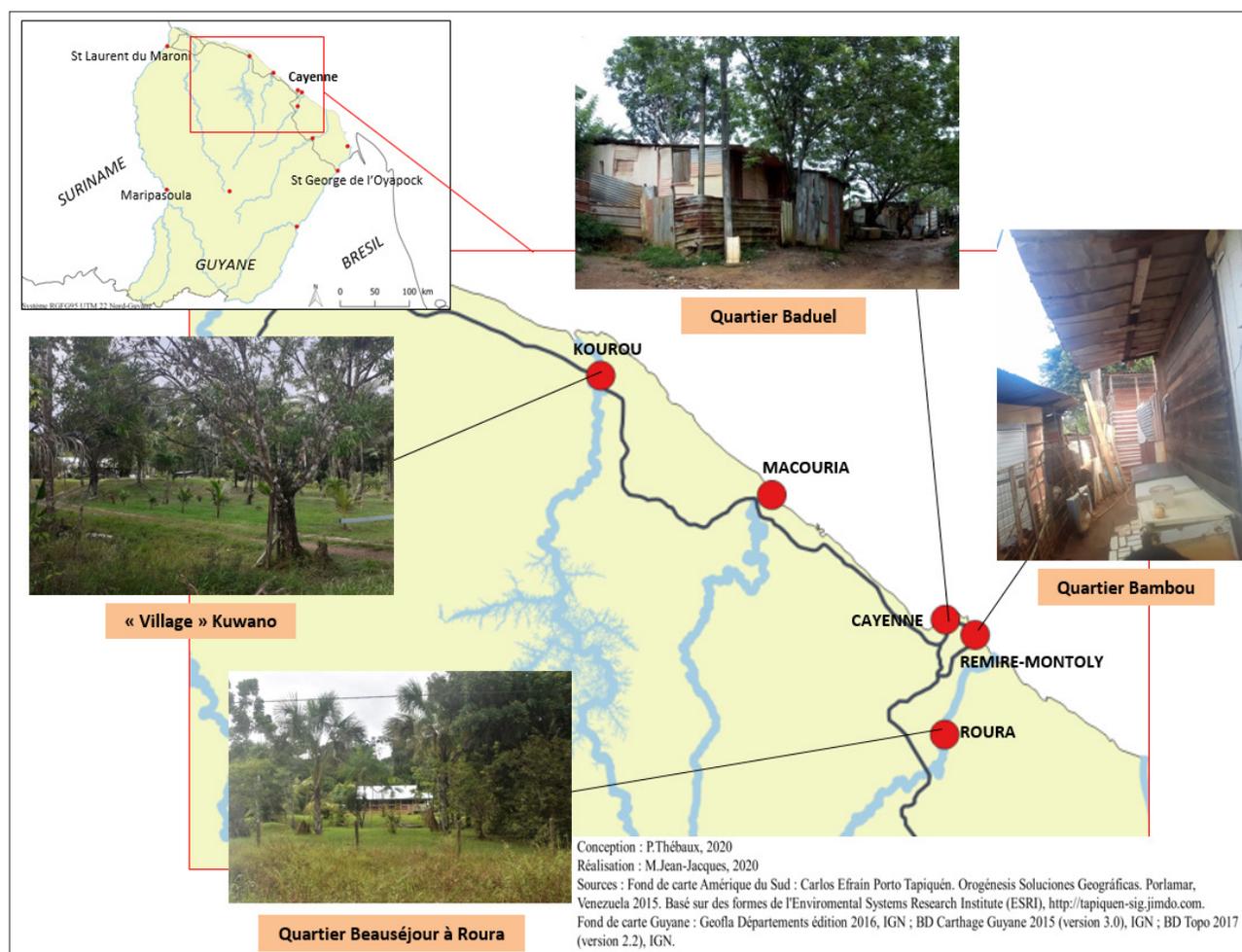


Figure 1 : Localisation et type d'habitats des quartiers objets de l'enquête – © R. Auguste, 3J et P. Thébaux.

Notre réflexion s'appuie aussi sur des entretiens semi-directifs réalisés auprès des acteurs impliqués, parmi lesquels des agents de l'État (préfecture, direction générale des Territoires et de la Mer (DGTM), l'Agence régionale de santé (ARS) de Guyane, des collectivités, des associations et un opérateur privé. Pour compléter, une analyse du suivi du dispositif a été réalisée à partir des comptes rendus de réunions du groupe de travail spécialement créé en mars 2020 par la DGTM.

Nous interrogeons dans cet article la pérennité de ce dispositif pensé en temps de crise : d'abord en revenant sur l'origine de l'installation de ces points d'eau dans différents quartiers, puis en nous intéressant plus spécifiquement au point de vue des usagers bénéficiaires et à leur mode d'appropriation de ce nouvel accès à l'eau.

À l'origine de l'installation de nouveaux points d'eau

Quel rôle ont joué les acteurs « classiques » de l'approvisionnement en eau ?

En France, le bon fonctionnement du service et la garantie de la qualité de l'eau fournie sont de la responsabilité des communes, officialisée par l'article L. 2224-

7-1 du Code général des collectivités territoriales³. Toutefois, notre étude montre que, dans ce contexte d'urgence, les mairies ont pris des engagements différenciés au regard de la gestion des points d'eau, qui oscillent entre un simple respect de leur responsabilité législative et une forte implication.

L'exemple du quartier informel de Beauséjour à Roura, caractérisé par sa faible densité et son statut agricole, montre une mobilisation franche de la part de la municipalité. Informés de la possibilité de bénéficier d'un soutien technique et financier de la part des services de l'État en cette période de crise, les élus de Roura ont été parmi les premiers à faire une demande d'équipements d'accès à l'eau pour ce quartier, et ce avant même que les habitants n'en aient spécifiquement exprimé le souhait dans le cadre de la lutte contre la Covid-19. Cela explique que certains habitants ont d'abord pensé qu'il s'agissait d'une action et d'un affichage politiques. En effet, la prise de décision d'un accès à l'eau potable, comme gage d'une bonne gestion de la crise, a pu être accélérée par le fait qu'elle intervenait en pleine période

³ https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006070633/LEGISCTA000006192274/#LEGISCTA000006192274

électorale⁴. Cette instrumentalisation de l'accès à l'eau n'est pas rare et son modèle de gestion communale en fait un enjeu électoral qui détermine souvent la temporalité de sa mise en œuvre (Guérin-Schneider *et al.*, 2016 ; Tindon, 2018). Une rampe métallique, située en bord de route et à l'écart des habitations, a donc été posée le 9 avril 2020 et raccordée au réseau collectif (voir la Figure 2 ci-dessous).



Figure 2 : Rampe d'eau potable de Beauséjour, à Roura – Photo © P. Thébaux.

La gestion de la situation a été différente à Kourou, où la mairie a d'abord affiché son désaccord à un approvisionnement du village amérindien kali'na de Kuwano pourtant situé sur son territoire. L'éloignement du village par rapport au réseau aurait engendré un coût de raccordement jugé trop conséquent comparativement au bénéfice à en retirer par la centaine d'habitants concernés. C'est donc le chef coutumier du village qui a été lui-même à l'initiative de la demande d'installation d'un point d'eau formulée dans le cadre du confinement. Les restrictions en matière de déplacements ont compliqué les pratiques habituelles des habitants qui s'approvisionnaient jusque-là dans le bourg distant d'une dizaine de kilomètres. Suite à cette demande, les services de l'État et l'opérateur privé du service de l'eau ont donc opté pour l'installation d'une bache souple (voir la Figure 3 ci-contre), une solution validée par la mairie. Elle ne fut toutefois installée qu'à partir du 20 mai, soit une semaine après la fin du confinement et la réautorisation des déplacements. Si l'enjeu sanitaire est affiché, en pratique, force est de constater que le dispositif s'inscrit en décalé par rapport aux besoins exprimés par les usagers. L'urgence Covid apparaît dès lors comme « un alibi », tel que l'analyse un agent de la DGTM.

Émergence de « nouveaux » acteurs

On observe un rôle ambivalent des municipalités qui s'explique notamment par les impératifs du service public dont elles ont la charge et qui ne consistent pas uniquement à répondre à des besoins sanitaires. Sa



Figure 3 : Bache souple du village Kuwano à Kourou – Photo © P. Thébaux.

gestion est sujette à un mode de financement particulier, qui a pu rendre les élus réticents au sujet d'une gratuité d'accès qui aurait pu faire naître des revendications chez les usagers pour qui le service restait facturé, même en période de crise. Aussi, d'autres acteurs se sont emparés du sujet et ont saisi l'opportunité de la situation pour revendiquer un accès gratuit à l'eau au nom de l'ensemble des habitants.

Dans le contexte particulier de l'état d'urgence sanitaire, les services de l'État ont de fait élargi leurs prérogatives. À l'annonce du confinement, les régions étaient tenues, *via* une instruction ministérielle, de s'assurer de la continuité du service auprès des municipalités et de leurs délégataires. Aussi, les services de l'État ont joué un rôle de coordination important dans la mise en place de ce dispositif, n'hésitant pas à se substituer aux collectivités, comme dans le village de Kuwano. Le chef coutumier s'est d'ailleurs directement adressé aux services de l'État, en raison du conflit qui l'opposait à la mairie depuis plusieurs années sur ce sujet.

Dans les quartiers urbains de Bambou et de la source de Baduel, ce sont des associations qui ont eu un rôle prépondérant, une très forte activité que plusieurs habitants ont reconnue : elles ont littéralement « apporté l'eau dans tous les quartiers ! ». À la source de Baduel, la pose d'une rampe répondait aux sollicitations d'un collectif d'habitants qui se plaignait de ne pas pouvoir accéder à l'eau en période de crise sanitaire. Le collectif avait négocié avec le service départemental d'incen-

⁴ En Guyane, les élections municipales initialement prévues en mars 2020 ont été reportées à octobre de la même année en raison de la pandémie.

dies et de secours (SDIS) et la mairie, la mise à disposition d'un accès à l'eau à partir d'une borne incendie. À partir du 2 avril, deux rampes munies d'un compteur d'eau (voir les Figures 4 et 5 ci-dessous) sont venues remplacer et cadrer cet arrangement non réglementaire. À Bambou, c'est un bénévole d'une association du quartier qui a fait remonter les besoins. Une rampe est installée depuis le 21 mars au pied d'un immeuble d'habitat collectif (voir la Figure 6 ci-dessous). Ailleurs sur le territoire guyanais, des associations de quartier et des ONG, telles que Médecins du monde ou la Croix rouge française, ont participé au signalement des besoins identifiés localement, agissant de fait comme des représentants des usagers.



Figure 4 : Rampe d'eau potable de la Source de Baduel à Cayenne – Photo © Shobu.



Figure 5 : Rampe d'eau potable de la Source de Baduel à Cayenne – Photo © P. Thébaux.



Figure 6 : Rampe d'eau potable de Bambou à Rémire-Montjoly – Photo © M. Chamorro.

Diversité des usages et singularité des usagers

Un habitat informel sous-entend-il des habitants informels ?

D'abord, si l'occupation d'un espace est jugée illégale, cela ne préjuge pas pour autant du statut de ses habitants. Aussi, le sentiment de légitimité ou d'appartenance à la citoyenneté française va pouvoir favoriser l'expression d'une revendication d'un droit à l'eau.

Rappelons que les premières rampes ont été installées à la fin mars 2020, alors que l'épidémie atteint son premier pic en Guyane en juillet. De fait, pour les usagers, le lien entre l'arrivée du point d'eau et la situation sanitaire n'est pas toujours évident. À Bambou, certains ont d'abord refusé d'utiliser la rampe par peur de se faire empoisonner. Dans ce quartier, principalement habité par une population immigrée souvent stigmatisée, la pose de la rampe a pu être considérée comme un leurre de la part des autorités publiques, qui se rappellent régulièrement à elle au travers de menaces d'expulsion ou de destruction du quartier dans le cadre de la lutte contre l'habitat informel. S'il aurait pu être opposé pour justifier l'absence de dispositif que, dans les quartiers urbains de la source de Baduel et de Bambou, une part importante des habitants serait en situation illégale, ce n'est pas le cas des Amérindiens kali'na du village de Kuwano, dont le chef coutumier n'a pas hésité à jouer de sa légitimité d'autochtone et à mobiliser son réseau pour faire valoir le droit de son village à un accès à l'eau en cette période de crise.

Les représentations que l'on peut avoir du dispositif sont donc aussi conditionnées par les représentations que les usagers se font des autorités responsables, pouvant aller jusqu'à déterminer leurs pratiques.

Au-delà du « lavage des mains »

Dans ces quartiers, accéder à l'eau au quotidien n'est pas une préoccupation qui est apparue avec la crise sanitaire, mais est plutôt une nécessité récurrente qui impose aux habitants de développer des alternatives à la desserte « universelle ».

Pour certains, l'eau fournie par le dispositif d'urgence a très vite pris sa place dans les pratiques, soit par la facilité d'accès qu'il représente, soit pour la qualité de l'eau fournie qui est jugée meilleure et mieux contrôlée. D'autres ont conservé leurs pratiques et préfèrent se laver, boire et faire la lessive à « la source » ou dans les cours d'eau habituellement utilisés, quand bien même la rampe se situerait à quelques dizaines de mètres de leur habitation. De fait, le dispositif installé ne devient jamais l'unique point d'eau pour les habitants d'un quartier, qui alternent volontiers entre différentes ressources selon des critères de choix qui leur sont propres, comme la proximité, le goût, l'habitude ou la préférence pour un mode de vie. Par conséquent, l'appropriation du dispositif par les habitants est parfois éloignée, voire en contradiction avec les intentions des décideurs. En témoignent les services de l'État qui insistent, lors des réunions de suivi du dispositif, sur la nécessité de res-

treindre l'usage des points d'eau au seul lavage des mains, tout en rappelant son caractère provisoire.

Au-delà des objectifs initiaux, cet accès à l'eau en particulier n'a pas été perçu et vécu de manière uniforme par les habitants. Certains expriment clairement un « merci corona » en raison du fait que le dispositif d'urgence a facilité leur quotidien, en venant remplacer l'eau du puits collectif ou un approvisionnement auprès d'habitants raccordés au réseau ou dans les commerces de proximité. Pour d'autres, l'eau de la rampe est apparue surtout comme une réponse de « confort », car étant située désormais plus près du domicile de ces personnes, dont la plupart d'entre elles étaient habituées à collecter l'eau de pluie ou à s'approvisionner « en ville », sans que cela ne constitue, pour elles, une contrainte majeure.

Ainsi, nous avons pu constater que ce dispositif d'urgence au caractère unique bénéficie à des populations aux profils variés, qui sont le reflet d'une société guyanaise multiculturelle où se côtoient entre autres des populations amérindiennes, brésiliennes, bushinengues, créoles, haïtiennes et « métropolitaines » (Jolivet, 2007). Chacune d'elles possède des codes culturels et des représentations divers et singuliers pouvant se traduire dans des usages différents de l'eau. De fait, accéder à l'eau comme au foncier pour les populations, qu'elles soient d'origine amérindienne ou immigrée, peut signifier la reconnaissance de leur présence sur le territoire en tant que citoyens français et autochtone, pour les uns, ou qu'acteurs de l'économie locale, pour les autres (Palisse et Davy, 2018).

De l'urgence sanitaire à la pérennité du service public

La situation guyanaise donne à voir un cas singulier de gestion de l'eau en période de crise, laquelle dépend, d'une part, de l'implication de chaque acteur et, d'autre part, des attentes de l'utilisateur. Si la mairie valide, *in fine*, les décisions, les services de l'État garantissent, dans ce contexte de crise, la continuité du service, n'hésitant pas à se substituer aux autorités municipales en termes d'initiatives. En cela, l'urgence de la situation est venue brouiller le rôle classiquement joué par chacun des intervenants habituels de la gestion du service public d'eau potable, laissant ainsi la place à l'émergence de nouveaux acteurs.

L'ensemble des acteurs s'étaient mis d'accord fin 2020 pour retarder le retrait de ces points d'eau, dont l'installation était initialement prévue pour durer le temps de l'état d'urgence sanitaire. Cette décision d'un retrait différé a été prise notamment dans le but non seulement d'anticiper une seconde vague de l'épidémie, mais aussi de permettre aux municipalités de statuer sur le devenir de ces installations. Deux ans après, le dispositif est toujours opérationnel, mais s'inscrit dans une nouvelle phase : dans les communes de l'agglomération cayennaise, les rampes les plus utilisées vont être transformées en bornes à cartes prépayées. En revanche, la mairie de Kourou n'a pas souhaité maintenir en place la bêche souple du village de Kuwano ;

elle a donc été retirée, sans solution de substitution. Le choix des autorités publiques quant au maintien ou non des points d'eau révèle bien comment ce dispositif, unique pour l'ensemble du territoire, s'est petit à petit adapté aux enjeux multiples qui préexistaient à son installation.

Cette étude de cas nous permet de questionner plus globalement la manière dont les réponses apportées aux problèmes afférents à une crise peuvent transformer durablement le monde social, au-delà de la période *stricto sensu* de ladite crise. Se pose désormais aux acteurs de l'eau guyanais le défi de la pérennisation de ces points d'eau, dont l'usage semble s'être stabilisé. Pourtant le remplacement des rampes libres et gratuites par des bornes à cartes prépayées est susceptible de les bouleverser à nouveau. En effet, indépendamment de la technique de distribution, c'est le service public qui va s'insérer dans le quotidien des habitants, dont le statut passera de bénéficiaire d'un service d'urgence à celui d'utilisateur du service public. Ce changement de statut est bien entendu susceptible de faire émerger de nouveaux enjeux tant pour les usagers que pour les autorités publiques : si la pérennisation des points d'eau sous la forme de bornes fontaines est attendue par de nombreux usagers qui se disent prêts à payer pour cela, rien ne garantit que les conditions d'accès qui prévalaient avec les rampes gratuites soient les mêmes que pour celles associées à la carte individuelle prépayée.

Bibliographie

- GUERIN-SCHNEIDER L., MAYAUX P. L., BOURBLAN M. & COTON M. (2016), « Y a-t-il un sens de l'histoire dans les services d'eau ? Un modèle post-évolutionniste », *Politiques et Management Public*, vol. 33, n°1, pp. 5-25.
- JOLIVET M.-J. (2007), « Approche anthropologique du multiculturalisme guyanais. Marrons et Créoles dans l'Ouest », in LEGLISE I. & MIGGE B. (éd.), *Pratiques et représentations linguistiques en Guyane*, IRD Éditions, pp. 87-106.
- PALISSE M. & DAVY D. (2018), « Des cultures foncièrement différentes. Usages de la terre chez les Amérindiens et les migrants haïtiens en Guyane », *Études rurales*, n°202, pp. 158-177.
- TINDON C. (2018), *S'engager pour l'eau potable : de l'indignation à la régulation civique*, thèse de sociologie, Université de Strasbourg, 464 pages.

Covid-19 et nouveaux mécanismes de régulation économique

Par Olivia CHEVALIER

Docteur en philosophie et enseigne notamment à l'IMT-BS, à l'École des Ponts et à Sciences Po Saint-Germain-en-Laye

Nous aborderons dans cet article divers aspects de la crise sanitaire sous l'angle économique. D'abord, dans un contexte d'incertitude radicale non réductible à des risques probabilisables, cette crise spécifique a donné lieu à un fort investissement public dans tous les domaines, faisant apparaître une nouvelle fonction régulatrice, selon les mots du prix Nobel d'économie Edmund Phelps, celle d'« assureur systémique ».

Puisque la crise sanitaire a mobilisé les données de santé, nous nous concentrerons sur la numérisation du secteur de la santé français, dont les failles, pointées de longue date par les professionnels, syndicats et associations, ont été à nouveau mises en lumière par la pandémie (notamment, le retard relatif du secteur en matière d'intégration massive de l'IA).

Il en résulte des difficultés relatives à ce qui est, *de facto*, une extension du pouvoir étatique dans le domaine économique, donc dans la société civile, et aux modes de financement de l'État-assureur, dont un des effets les plus patents et inquiétants est le piège inflationniste.

Introduction

La pandémie – principalement lors des confinements, qui ont concerné près de la moitié de la population mondiale, soit environ 4 milliards de personnes – a eu un impact économique sans précédent. C'est cet aspect, entrevu sous de multiples angles, que nous abordons. Nous devons, au préalable, préciser brièvement la spécificité de cette crise sanitaire¹. Tout d'abord, à la différence des crises économiques antérieures qui étaient endogènes, c'est-à-dire résultant de la dégradation de variables économiques, la crise de 2020 est exogène, étant donné que ses causes ne sont pas économiques. En effet, la récession des années 1990 a été provoquée par une survalorisation des cours boursiers par rapport aux actions ; celle de 2008 par un excès d'endettement et les bulles immobilières. Par contre, la crise du Covid-19 est l'effet d'une variable extérieure, le virus considéré, dont la propagation a été rapide et mondiale. Elle a eu pour conséquence la mise en place de règles, dont les confinements, et de mesures de distanciation, qui ont impacté négativement l'activité économique, provoquant un double choc d'offre et de demande². Mentionnons une seconde caractéristique :

son imprévisibilité, et donc le fait que personne ne s'y soit préparé. Son ampleur et sa gravité constituent un autre trait caractéristique de cette crise. Le PIB français, par exemple, a chuté de 38 % en 2020, situation inédite depuis la Seconde Guerre mondiale.

C'est dans un tel contexte d'incertitude, non réductible à des risques probabilisables³, que les États ont été conduits à prendre des décisions, parfois inédites, à la fois sur les plans politique, économique et monétaire. A-t-on assisté à cette occasion à l'apparition d'un nouveau rôle de l'État ? Avons-nous affaire à une évolution de sa doctrine budgétaire ?

Cette situation a rendu évidente la nécessité de réorganiser le système de santé, particulièrement en France. En effet, le modèle français, fortement centralisé, a, d'un côté, dû repenser la coordination entre les établissements publics de santé et ceux publics-privés et, de l'autre, rattraper son retard numérique en matière de gestion des données de santé. Suite à l'adoption des différentes législations relatives à la protection de ces dernières, comme le RGPD européen, cette situation

¹ Pour une analyse du point de vue de la politique budgétaire de la crise de 2008, nous renvoyons à [2].

² Du côté de l'offre, la mise en arrêt provisoire de l'industrie et des entreprises a provoqué une baisse de la production et, du côté de la demande, le confinement a entraîné une baisse massive de la consommation.

³ On doit à Keynes d'avoir clarifié, dans son *Treatise in Probability* publié en 1921 [4], la distinction entre le risque, probabilisable, et l'incertitude, qui, elle, ne l'est pas. Plus précisément, il définit le risque comme une incertitude « structurée par des probabilités objectives », à l'exemple de la mécanique quantique, et l'incertitude *stricto sensu* comme étant non probabilisable objectivement mais probabilisable subjectivement (à l'instar de la climatologie). Nous renvoyons au chapitre XXV de son ouvrage, "Some problems arising out of the discussion of chance".

conduit à se reposer, à nouveaux frais, la question transnationale de leur gouvernance.

Ainsi, dans ce contexte de retour et de renforcement de l'État, certaines questions politiques, sociales et économiques apparaissent. À moyen-long terme, que penser économiquement et politiquement de cette nouvelle extension du pouvoir de l'État dans la sphère économique, et aussi dans la société civile, laquelle se combine à une prise en main accrue des données personnelles de santé ?

La pandémie et l'État « assureur systémique »

La pandémie a conduit les gouvernements du monde entier à imposer des mesures très strictes, principalement sous la forme des différents confinements, entraînant un arrêt de l'économie mondiale. La rupture provisoire de la capacité productive des économies, ainsi que la privation de leurs revenus pour les ménages et les entreprises, en furent les conséquences immédiates.

Cette intervention massive s'est révélée nécessaire et s'est traduite, dans les pays de l'OCDE, par une politique budgétaire et monétaire des États très expansionniste. Cette situation de confinement, justifiée dès le premier trimestre 2020 au regard de la possibilité de millions de morts, a conduit l'économiste américain et prix Nobel, Edmund Phelps⁴, dans un article co-écrit en mars 2020 avec l'économiste Roman Frydman [3a et b], à considérer qu'une nouvelle mission régaliennne était apparue : celle d'« assureur systémique ». Selon l'économiste, cette « augmentation substantielle de l'ampleur et de la portée de l'action de l'État [...], bien plus globale que la mobilisation [à l'issue de] la Seconde Guerre mondiale », revient à assurer ce à quoi nous tenons le plus : nos vies et nos moyens de subsistance. Ce qui peut « faire l'effet d'une prime d'assurance » ne serait évidemment valable qu'à court terme, dans l'attente de la reprise de l'économie.

Cette action est nécessaire, car, selon les auteurs précités, l'argent des plans de sauvetage ne peut suffire à lui seul sans une organisation de l'aide. En effet, selon Phelps, cette assurance serait requise dans quatre domaines, mais soumise à certaines conditions : la réaffectation de la capacité de production actuelle de l'économie afin « de surmonter les pénuries croissantes de matériels et de services pour répondre efficacement à la pandémie » ; attribution de l'aide également aux « entreprises qui ne sont pas directement impliquées dans les efforts de lutte contre la crise afin qu'elles puissent continuer à fournir des biens et des services

essentiels » ; introduction d'une contribution afin que « la population dispose des moyens suffisants pour acheter ces biens et services » ; et, enfin, création d'une « facilité financière pour aider les personnes incapables de rembourser leurs prêts et leurs créances », afin d'atténuer « les risques de cataclysme pour le secteur financier. »

La seconde condition, soit l'allocation d'une aide à toutes les entreprises, suppose leur engagement à participer à l'effort de lutte contre la pandémie. Cette condition ne viserait pas uniquement les entreprises privées produisant du matériel, mais également celles produisant des services. Les fonds attribués aux compagnies aériennes serviraient, par exemple, à leur permettre de rééquiper leurs avions afin de pouvoir transporter du matériel ou des malades⁵. La recherche de l'utilité et la flexibilité sont dès lors exigées de ces entreprises.

Deux ans plus tard, nous constatons que les préconisations de Phelps et de Frydman n'ont pas été exactement suivies. Mais pouvait-il en être autrement dans la mesure où elles supposent une lourde et coûteuse bureaucratie (pour diriger et contrôler la production et la distribution des biens et services des entreprises bénéficiaires de la prime) ?

Cette action élargie de l'État dans le domaine économique lors de la crise sanitaire a également permis de montrer son importance dans le domaine de la santé.

La nécessaire réorganisation du système de santé et la question des données de santé : le cas français

Il est logique que l'effort budgétaire des États ait porté sur le système de santé. Concernant la France, en même temps qu'elle révélait les failles du système depuis longtemps pointées par les professionnels de santé et les syndicats, la pandémie a conduit l'État à se concentrer sur deux points : 1) la réorganisation du secteur qui passe 2) par sa numérisation, donc par un développement considérable du rôle de l'IA dans le domaine en question. Concernant la réorganisation du système mixte⁶ de santé, il s'agit surtout de le décentraliser en facilitant la coordination entre les différentes entités et les relations public-privé. Nous nous attachons au second aspect, dans la mesure où la réorganisation passe par la numérisation du système de santé.

La pandémie a accéléré « la transformation du numérique en santé », comme l'explique le dossier de presse du gouvernement en date du 18 octobre 2021 [1]. Les investissements massifs de l'État français – le plan

⁴ Né en 1933, Phelps, dont la thèse a été dirigée par Tobin, a reçu le prix Nobel en 2006 pour son analyse des arbitrages intertemporels en politique macroéconomique. Il est connu des économistes pour sa règle d'or (celle de l'accumulation) qui énonce que, pour maximiser la croissance économique, il faut rémunérer les capitaux selon un taux d'intérêt équivalent au taux de croissance de la population (la règle détermine alors un état stationnaire optimal).

⁵ Le second ensemble de conditions serait de garantir une rémunération « raisonnable » aux employés de ces entreprises mobilisées, ainsi que des prix « pré-crise sanitaire » pour le matériel médical.

⁶ Le système français est mixte, même si l'hôpital public (HP) est dominé par le monopole de la Sécurité sociale.

Innovation Santé 2030 de plus de 7,5 Mds€ annoncé le 29 juin 2021, dont « 81 M€ sont alloués à la formation en santé numérique » – sont censés permettre à la France de rattraper son retard en la matière, mais aussi de faire de l'hexagone un leader en santé numérique. Cette transformation passe par une refonte des modes de gestion des données de santé, laquelle a été au centre de la gestion de la crise sanitaire.

En effet, pour lutter contre la pandémie, il a fallu être en mesure de tester, de tracer, afin d'isoler. On le sait, différentes stratégies ont été adoptées dans le monde, générant des quantités considérables de données de santé. À Hong Kong, on a confié la tâche de suivre et de cartographier la transmission de la maladie au superordinateur de la police. Tout comme la France, le Japon, Singapour, la Nouvelle-Zélande, l'Allemagne et la Norvège ont opté pour des applications plus respectueuses des libertés individuelles – aucune donnée personnelle n'étant utilisée –, utilisant le signal Bluetooth, le traçage par GPS ou le système QR.

Hors contexte pandémique, la numérisation a pour but « de permettre l'émergence d'une médecine plus personnalisée, plus sécurisée, faisant la part belle à la prévention et à l'anticipation des pathologies, pour concourir à une meilleure prise en charge des patients » ([1], p. 4).

Cette numérisation concerne, en premier lieu, les dossiers des patients (*via* le dossier médical partagé (DMP), qui présuppose la récolte massive de données personnelles de santé). Cette collecte provient aussi bien des hôpitaux et autres établissements de santé, que de tous les objets connectés (Iwatch, par exemple). La gestion des données de santé est très délicate, car il s'agit de données très « sensibles ». Cette sensibilité est due aux « risques particuliers que fait peser l'exploitation de ces données, et [aux] questions qu'elles soulèvent dans notre rapport à l'intime : leur croisement fragilise la frontière entre vie privée et vie publique et permet d'établir des profilages très précis pouvant aboutir à des discriminations ou à des manipulations à des fins commerciales », précise le rapport de l'IFRI consacré à la gouvernance des données de santé [5]. Or, ces données sont possédées majoritairement par les GAFAM, puisque ce sont ces entreprises qui en sont les prestataires d'hébergement agréés. En France, c'est Microsoft Azure qui stocke ces données émanant du Health Data Hub (HDH), la plateforme destinée à faciliter le partage des données de santé afin de favoriser la recherche.

Cette situation soulève alors des questions politiques concernant leur gouvernance, afin d'éviter que ces données ne soient utilisées ou commercialisées par les acteurs privés. En Europe, il existe trois modèles de gestion des données : décentralisé, comme en Allemagne ; ouvert, d'*open-data*, comme dans les pays nordiques ou en Grande-Bretagne ; et centralisé, comme en France. Au-delà des problèmes posés par l'hétérogénéité de ces modèles, qui fait obstacle à une politique européenne en la matière, en dépit du Règlement général sur la protection des données (RGPD) de 2016, il existe localement des difficultés. En effet, Microsoft,

étant une entreprise américaine, est soumise aux législations des États-Unis. Or, le Cloud Act (2018) américain « prévoit la possibilité pour les autorités américaines de réquisitionner l'accès aux données détenues par des prestataires de stockage *cloud* américains, y compris lorsque ces données sont physiquement stockées en dehors des États-Unis » ([5], p. 36). Au vu de ce risque de transfert de données, le Conseil d'État, dans son ordonnance rendue le 13 octobre 2020, a demandé des garanties supplémentaires. Les enjeux sont donc également géostratégiques.

Conclusion : l'État assureur est-il rassurant ?

L'intervention de l'État s'est donc révélée indispensable dans le contexte de pandémie : sur le plan économique, en assurant, entre autres, des revenus, et sur le plan sanitaire, en contribuant à la recherche et en organisant les campagnes vaccinales, principalement. Cette lutte contre la pandémie a accéléré la numérisation de la santé, ce qui alourdit encore la responsabilité étatique relative à la gestion et à la protection des données de santé.

Le paradoxe, peut-être seulement apparent, reste que l'État doit renforcer ses prérogatives afin de ne pas être trop « fort », au risque d'envahir la vie privée. Le but des États démocratiques est, en effet, d'éviter l'apparition d'un capitalisme de surveillance, tel qu'il existe en Chine, en raison de l'hybridation « croissante des finalités sanitaires et policières » ([5], pp. 31-32). D'ailleurs, cette question ne devient-elle pas encore plus pertinente du fait que la sécurisation des données exige déjà davantage de données afin de pouvoir les tracer et les rendre inutilisables pour de potentiels hackers ?⁷ Ne nous trouvons pas pris dans un cercle vicieux ?

Des questions préoccupantes de nature économique se posent également, relatives aux déficits publics : quelle va être l'ampleur et les conséquences de l'inflation résultant de la politique monétaire de monétisation massive des déficits publics ? Y a-t-il un risque de crise de la dette provoquée par une remontée des taux d'intérêt ?

⁷ Les promesses se trouvent du côté de « la technologie *blockchain* avec le concept d'identité auto-souveraine », précise Maryline Laurent, chercheuse en cybersécurité et protection de la vie privée à Télécom Sud Paris ([6], p. 25). Différents processus de sécurisation des données sont en cours de développement, dont le « tatouage » des données. Cette méthode « consiste à insérer une information dans les données lors de chacun de leur transfert d'un SI vers un autre afin de les tracer facilement. À chaque fois que des données circulent ou sont sollicitées par un SI, elles sont modifiées très légèrement. (...) Il est alors possible d'identifier quelles sont les dernières empreintes apposées sur les données, et ainsi de retracer le parcours de la donnée (...) » ([6], p. 25).

Bibliographie

[1] « Stratégie d'accélération Santé numérique », dossier de presse du 18 octobre 2021.

[2] DOCKES Pierre & LORENZI Jean-Hervé (dir.) (2009), *Fin de monde ou sortie de crise ?*, Le cercle des économistes, Paris, Perrin, « Tempus ».

[3a] FRYDMAN Roman & PHELPS Edmund (2020), "Insuring the Survival of Post-Pandemic Economies", *Project Syndicate*, March 23^d (mis à jour le 25 mars 2020).

[3b] FRYDMAN Roman & PHELPS Edmund (2020), « Aux États-Unis, les tabous sur le rôle de l'État ne doivent pas faire obstacle », *Le Monde*, 28 mars.

[4] KEYNES John Maynard (1921), *A Treatise on Probability*, MACMILLAN and co.

[5] MARTINEZ Julie & TONON Clément (2021), « La gouvernance des données de santé : leçons de la crise du Covid-19 en Europe, en Chine et aux États-Unis », *Études de l'Ifri*, juillet.

[6] « De la cryptographie au tatouage : comment protéger les données de santé ? », *Santé : une transformation technologique au service de la société*, 13^e Cahier de veille, mai 2022, Fondation Mines-Télécom.

Vivre le décès d'un proche en temps de pandémie

Par Chantal VERDON et Josée GRENIER,

Université du Québec en Outaouais

Jacques CHERBLANC, Chantale SIMARD,
Christiane BERGERON-LECLERC et Danielle MALTAIS,

Université du Québec à Chicoutimi

Emmanuelle ZECH

UCLouvain, Belgique

Et Susan CADELL

Renison University College (affiliée à l'Université de Waterloo)

La pandémie suscite de nombreux questionnements liés au phénomène du deuil, où les circonstances entourant le décès d'un proche sont une source de connaissances extrêmement importantes et inédites permettant de mieux saisir l'importance des événements entourant un tel malheur. Une étude québécoise s'est intéressée à l'expérience de personnes ayant perdu un proche pendant la pandémie. Trois thèmes émergent de cette étude qui s'appuie sur des données qualitatives : le temps laissé ; le sens donné à cette épreuve ; et l'attitude du personnel soignant. L'étude livre des témoignages sur ce qui peut influencer les trajectoires du mourir et du deuil. De ces circonstances chaotiques et imprévisibles, les personnes endeuillées peuvent quand même y donner un sens quand elles peuvent poser des actes concrets : faire leurs adieux ; voir une dernière fois le défunt ; procéder à des rituels significatifs et recevoir une attention empreinte d'humanisme.

Vivre le décès d'un proche est sans nul doute une expérience difficile et douloureuse surtout lorsqu'elle est teintée d'événements imprévisibles précédant la mort de ce proche. Une étude, *Covideuil-Canada*¹, s'est intéressée à l'expérience du deuil en contexte de pandémie, où de nombreuses restrictions sanitaires ont inévitablement influencé l'expérience du décès et du deuil vécue par de nombreuses personnes.

Nous pouvons estimer qu'au moins neuf personnes sont concernées lors de la survenue d'un décès (Verdery *et al.*, 2021). En tenant compte de cette estimation et en prenant en compte le nombre de décès constatés au Canada à la date du 8 juin de cette année (41 314²), le nombre des personnes endeuillées serait de 371 826. Le deuil influence la vie de ces personnes, son fonctionnement au quotidien et leur santé. Le deuil s'illustre par

un processus complexe qui oscille entre des réactions face à cet événement et un comportement d'ajustement en réponse à cette perte ; une dualité entre le chaos et les opportunités de croissance (Stroebe *et al.*, 2008). La pandémie a créé de profondes incertitudes concernant ce processus de deuil. Les restrictions sanitaires ont nettement contrarié les personnes endeuillées dans toutes leurs démarches pouvant leur faciliter le processus de deuil. D'ailleurs, certains chercheurs ont souligné le fait que l'impossibilité de réaliser certains rites renforçait la souffrance liée à un décès (Gonçalves Júnior *et al.*, 2020). C'est donc dans ce contexte que l'étude *Covideuil* a visé à mieux connaître les réactions dans telles circonstances par l'entremise d'un sondage comportant 188 questions³ visant à décrire l'expérience de fin de vie, de mort et de deuil vécue par un proche d'une personne significative pour lui, décédée

¹ <https://www.uqac.ca/covideuil/>

² Gouvernement du Canada, <https://sante-infobase.canada.ca/covid-19/resume-epidemiologique-cas-covid-19.html>

³ Les instruments de mesure sont : General Health Questionnaire, Posttraumatic Growth Inventory, Traumatic Grief Inventory-Self Report ou Questionnaire de coping de deuil.

entre mars 2020 et mai 2021. L'étude a enregistré 955 répondants, dont 609 ont ajouté des commentaires qualitatifs pour contextualiser leurs réponses. À partir de ces données qualitatives, une analyse secondaire a été réalisée portant sur la question de recherche suivante : de quelles manières les personnes endeuillées ont traversé cette expérience de décès et de deuil dans le contexte inédit de la pandémie ? Afin de répondre à ce questionnement, une méthode d'analyse thématique de contenu (Paillé et Muchielli, 2012) a fait émerger trois thèmes.

Le temps laissé

Le temps est une notion qui revient dans l'ensemble des témoignages de nos participants ; le manque de temps pour dire au revoir à son proche, à cause de la pandémie et des restrictions sanitaires : « Mon parrain est mort une semaine plus tard. Je n'ai pas été autorisé à le voir plus de 15 minutes après 8 heures de voiture » (F42O)⁴. Le temps passé auprès du corps du défunt a aussi été, pour certains, restreint : « Papa est mort à l'hôpital, il a été mis dans le cercueil une demie heure après son décès » (F57P). Le traitement du corps et les étapes rituelles ont été concentrés dans le temps et réduits au strict nécessaire : « Nous avons dû la faire incinérer tout de suite après son décès. Je ne sais pas si la toilette funéraire a été faite » (F66M). Le temps est également évoqué lorsqu'il est question de l'attente entre le moment du décès et la réalisation des rites funéraires envisagés, créant parfois des incertitudes sur la possibilité de pouvoir les accomplir. « Il est bien difficile en ce moment d'être en mesure de prévoir ce qui sera possible d'être fait à moyen terme, j'ai peur qu'au moment où l'on pourra réunir des gens, le momentum soit passé » (F42M). Toutefois, cette attente offre aussi des moments de réflexion qui n'auraient peut-être pas pu se concrétiser dans d'autres circonstances : « Le temps qui s'écoule entre la terrible nouvelle et une future date de funérailles me permet de cheminer, de trouver des réponses et de réfléchir à comment les funérailles pourront être les plus *meaningful*. Je pourrai vivre ces funérailles en n'étant plus en état de choc et dans le déni. Je serai plus sereine. Et ça m'apaise » (F33P). Parfois, repousser l'exécution des rites invite à étirer ce temps tel qu'en témoigne cette femme face à sa tante endeuillée : « Même si nous avons pu organiser quelque chose l'été dernier ou à l'automne, elle ne veut pas et s'arrange pour repousser les choses » (F39GP). On note qu'il y a aussi le temps passé auprès du proche en fin de vie, un élément clé dans l'expérience du décès et, éventuellement, du deuil. Ci-après les propos rapportés par trois femmes ayant un lien de filiation différent avec un proche en fin de vie : « J'ai eu le privilège de partager la dernière journée de mon compagnon de vie » (F68C). D'autres témoignent : « Je

lui ai tenu la main (gantée !) pendant plusieurs heures. Je lui ai dit au revoir, je lui ai dit de laisser aller, et encouragé à passer de l'autre côté. J'ai l'impression d'avoir gardé ce lien privilégié avec mon papa, jusque dans sa mort » (F47P). « Je suis vraiment heureuse d'avoir pu être avec elle jusqu'à la fin » (F29GM). Et, malgré la pandémie, il y a ceux qui ont pu passer du temps sans compter avec leur proche mourant : « Malgré la pandémie, et le fait que notre mère ait été hospitalisée, nous avons pu l'accompagner à notre guise, 24 h sur 24 » (F68M).

Le sens donné à une épreuve douloureuse

À travers le sens, les participants racontent comment leur perception de la situation influence leur trajectoire de deuil : « Ce deuil, je l'ai bien vécu... Comme je suis de nature positive et qu'il importe dans la vie de s'adapter, puisque tout est changement, ma famille et moi avons davantage tenté d'être créatifs dans la situation et je réalise que nous y sommes tout de même bien arrivés » (F61P). D'autres considèrent avoir eu de la chance dans la façon de vivre leurs rites, malgré les restrictions sanitaires et les règles imposées : « Nous avons été chanceux, nous pouvions recevoir 50 personnes dans le salon, un à la fois. J'ai apprécié le moment présent, cachant notre peine et nos larmes derrière un masque sans contact. J'ai apprécié les droits que j'ai pu avoir contrairement à d'autres » (F43P). Cette recherche de sens peut prendre différentes formes, telles qu'une prise de conscience qui amène les personnes à revisiter leurs priorités comme en témoigne cette participante : « Le décès de mon père a été un des facteurs déterminants dans ma décision de prendre ma retraite. J'ai eu une envie folle de profiter de chaque instant, d'être plus disponible pour ma mère, d'aller visiter ma famille plus souvent, de vivre quoi. Alors, j'ai devancé mon départ à la retraite » (F56P).

L'attitude du personnel soignant

À travers la pandémie, c'est souvent le personnel soignant qui est devenu l'incarnation du chaos pour plusieurs des personnes ayant participé à notre étude : « Incapable d'avoir une chambre en soins palliatifs, nous avons dû nous battre avec le personnel hospitalier pour avoir juste un tout petit peu de respect pour la fin de vie de mon père. Un personnel tellement rendu impersonnel » (F57P). Une autre a souligné : « Lors du décès de ma mère à l'hôpital, on se relayait par trois ou quatre personnes à la fois dans sa chambre et on se faisait avertir par les infirmières. Elles ne comprenaient qu'elle était en fin de vie. Ma mère n'était pas dans le bon département dans cet hôpital. Il y a même une infirmière qui nous a dit "dehors, vous autres !", alors que nous sommes une famille très pacifique » (F64M). Toutefois, d'autres participants ont fait part de marques d'attention de la part du personnel soignant, qui ont fait la différence dans leur expérience : « Nous avons pu, mon père et moi, être auprès de ma mère jusqu'à

⁴ Propos rapportés par les participants à l'étude : adoption d'un format Lettres-Chiffres-Lettres, correspondant aux données socio-démographiques des répondants (premier groupe de lettres : Femme (F) ou Homme (H) ; second groupe de chiffres : âge des répondants ; troisième groupe de lettres : lien avec le défunt : Père (P), Mère (M), Conjoint (C), Oncle (O), Grand-mère (GM), Grand-père (GP).

son dernier souffle, et même après le moment de son décès. Le personnel soignant du département où nous nous trouvions nous avait indiqué les procédures lors du décès et jamais nous n'avons senti de pression pour vivre ce passage de façon précipitée. Nous n'avons pas senti la montée de la Covid-19 autour de nous, et les consignes sanitaires ne nous ont pas empêchés d'être auprès de maman jusqu'à la fin de sa vie » (F49M). D'autres précisent des attitudes empreintes d'humanité : « Le personnel hospitalier a été très empathique, chaleureux et aidant » (F68M). On note que le personnel soignant démontrait aussi un souci d'appliquer les règles avec une certaine souplesse et une disponibilité malgré le contexte. Des participants soulignent ce travail : « Je tiens à mettre en perspective que notre mère a reçu des soins exceptionnels de la part du personnel soignant, en dépit du faible temps disponible » (H63M). Le soutien offert par les professionnels de santé pendant la maladie a joué un rôle important, tel qu'en témoigne cette participante : « J'ai eu la chance d'accompagner dans sa fin de vie mon époux, qui est décédé à la maison. Avec un grand soutien de mon CLSC (Centre local de services communautaires)⁵ et d'une jeune médecin extraordinaire, tout le personnel a été formidable. J'ai reçu de l'aide plus que j'en demandais, cela a beaucoup aidé pour débiter notre deuil. Je souhaite cette aide physique et morale à tous ceux qui ont à vivre la perte d'un être aimé » (F64C).

De la pandémie aux trajectoires de deuil

La pandémie, avec les pratiques de distanciation physique, source de rupture sociale, a laissé partir les morts sans que leurs proches puissent les accompagner correctement dans leur fin de vie ni les honorer au travers des rites. Dans la plupart des situations, les choix faits pour la gestion du virus ont privé les mourants des honneurs qui leur sont dus : on leur a dit adieu par le biais d'un écran digital, à travers les carreaux d'une vitre ou des visières de protection (Kostecki, 2021). La pandémie a créé une rupture avec les membres de la famille du défunt, lorsque ces moments d'échange n'ont pas pu se concrétiser. Nos constats soulignent aussi l'importance du temps investi dans la réalisation des rituels avant et après le décès, car ce temps passé auprès du défunt sert pour ceux qui restent à donner un sens à cette épreuve. D'ailleurs, une recension des écrits de Burrell et Selman (2020) met en exergue l'importance du maintien de services commémoratifs significatifs et du soutien aux personnes endeuillées. On notera également qu'il importe de procurer du sens avec de petits gestes concrets. Par ailleurs, la nature de la relation avec la personne décédée est aussi un facteur important, car une relation très étroite avec elle (son (ou sa) conjoint(e), son enfant, son frère ou sa sœur ou ses parents) s'accompagne de perturbations plus sévères liées au deuil (Fernández-Alcántara et Zech, 2017). Or,

⁵ Les CLSC sont des centres locaux qui dispensent des services de santé et des services sociaux, <https://www.msss.gouv.qc.ca/reseau/etablissements-de-sante-et-de-services-sociaux/#clsc>

nos données révèlent qu'indépendamment du lien de filiation, les moments passés auprès du défunt revêtent une grande importance. L'accompagnement a plusieurs sens : dire adieu, certes, mais aussi amorcer le travail de deuil et accompagner le proche jusqu'à la fin, dans le respect de la dignité.

L'impossibilité de communiquer ou d'accompagner une personne en fin de vie peut provoquer une détresse émotionnelle et de l'anxiété (Bansal *et al.*, 2020), surtout, dans un contexte, où la décision, dans bien des cas, revenait au personnel soignant (Picardi *et al.*, 2021). Certains soignants ont appliqué les règles de manière stricte, sans égard ou souci du bien-être d'autrui, des conditions d'application qui pour certaines règles étaient à la limite de l'inhumanisme. Cela peut s'expliquer par le fait que les soignants étaient les personnes chargées de faire appliquer les consignes liées à l'urgence sanitaire et certains ont pu manquer de jugement ou de compassion dans un contexte où la mort n'avait plus de sens (Wood *et al.*, 2021). Les frustrations des membres de la famille ne pouvaient dès lors qu'être dirigées contre ces personnes, qui devenaient ainsi des coupables facilement identifiables. *A contrario*, d'autres témoignages révèlent que des professionnels de la santé ont fait preuve de bienveillance et d'humanisme à l'égard de la souffrance des familles, mettant en lumière l'importance du « care » dans les soins (Joublin, 2006). Il était important pour ces professionnels de demeurer dans une logique de « care », en évitant d'appliquer de manière rigide les règles.

En somme, l'analyse qualitative à laquelle nous avons procédé confirme que les trajectoires du mourir et du deuil sont influencées par plusieurs facteurs, dont le temps pouvant être consacré notamment au travail de deuil, le sens donné à cette expérience douloureuse et les rencontres avec le personnel soignant qui peuvent être teintées d'humanité (Walsh, 2020). Chacun de ces facteurs qui dépendent de l'histoire qui entoure l'expérience liée à un décès et, plus largement, du deuil peut être source de chaos ou, au contraire, une opportunité de croissance.

Références bibliographiques

- BANSAL P., BINGEMANN T. A., GREENHAWT M., MOSNAIM G. *et al.* (2020), "Clinician Wellness During the Covid-19 Pandemic: Extraordinary Times and Unusual Challenges for the Allergist/Immunologist", *Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice* 8(6), pp. 1781-1790, e1783.
- BURRELL A. & SELMAN L. E. (2020), "How do Funeral Practices Impact Bereaved Relatives' Mental Health, Grief and Bereavement? A Mixed Methods Review with Implications for Covid-19", *Omega*, pp.0030222820941296.
- FERNÁNDEZ-ALCÁNTARA M. & ZECH E. (2017), "One or multiple complicated grief(s)? The role of kinship on grief reactions", *Clinical Psychological Science* 5(5), pp. 851-857.
- GONÇALVES JÚNIOR J., MOREIRA M. M. & ROLIM NETO M. L. (2020), "Silent cries, intensify the pain of the life that is ending: The Covid-19 is robbing families of the chance to say a final goodbye", *Frontiers in psychiatry* 11, p. 978.
- JOUBLIN H. (2006), « De l'univers du "care" à celui des soins : le grand écart des familles », *Revue francophone de psychoncologie* 5(4), pp. 210-214.

- KOSTECKI I. (2021), « Accompagner les mourants et les familles en temps de pandémie », *Spiritualité Santé*, <https://www.chudequebec.ca/a-propos-de-nous/publications/revues-en-ligne/spiritualite-sante/dossiers/dossier%20a-l-epreuve-de-la-pandemie/accompagner-les-mourants-et-les-familles-en-temps.aspx>
- PAILLÉ P. & MUCHIELLI A. (2012), *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales*, Paris, Armand Colin.
- PICARDI A., MINIOTTI M., LEOMBRUNI P. & GIGANTESCO A. (2021), "A qualitative study regarding Covid-19 inpatient family caregivers' need for supportive care", *Clinical Practice and Epidemiology in Mental Health* 17(1).
- STROEBE M. S., HANSSON R. O., SCHUT H. & STROEBE W. (2008), "Bereavement research: Contemporary perspectives", In *Handbook of bereavement research and practice: Advances in theory and intervention*, American Psychological Association, pp. 3-25.
- VERDERY A. M., NEWMYER L., WAGNER B. & MARGOLIS R. (2021), "National profiles of coronavirus disease 2019 mortality risks by age structure and preexisting health conditions", *The Gerontologist* 61(1), pp. 71-77.
- WALSH F. (2020), "Loss and Resilience in the time of Covid.19: Meaning Making, Hope, and Trancescence", *Family Process* 59 (3), pp. 898-911.
- WOOD L., CONSTANT C. & BYRNE A. (2021), "Exploring the experience of acute inpatient mental health care from the perspective of family and carers of people experiencing psychosis: A qualitative thematic analysis study conducted during the Covid-19 pandemic", *International Journal of Mental Health Nursing* 30(6), pp. 1620-1629.

Tirer les leçons de la crise du Covid-19 pour mieux gérer les prochaines

Par Sylvie ZNATY

Professeur titulaire de la chaire de prévention des risques professionnels et environnementaux et laboratoire de modélisation et surveillance des risques sanitaires (MESuRS), Cnam Paris

Et William DAB

Professeur émérite du Cnam (MESuRS) et professeur associé à l'Institut catholique de Paris

La pandémie de Covid-19 a provoqué une crise globale qui préfigure les situations de risques systémiques auxquelles il faut s'attendre à l'avenir. La gestion de cette crise a comporté des points forts et des points faibles qui peuvent servir à mieux se préparer aux crises du futur pour en limiter les impacts. Dans cet article, nous discutons les éléments scientifiques, décisionnels, organisationnels et opérationnels qu'il convient de prendre en compte pour y faire face.

« La vie, ce n'est pas d'attendre que l'orage passe, c'est d'apprendre à danser sous la pluie. »
Sénèque.

Par son ampleur, son étendue et sa durée, la pandémie de Covid-19 constitue une crise totale qui a peu d'équivalent dans l'histoire. Préfigure-t-elle les crises à venir ? Certains considèrent qu'il ne faut pas verser dans le catastrophisme. C'est un événement de type centenaire qui constitue une situation exceptionnelle. Malgré un lourd bilan humain, social et économique, la science et la technologie ont permis de limiter son impact. Cela montre que la société a les ressources pour faire face à ce type de menaces.

D'autres voient dans cet épisode qui n'est pas terminé, le prototype de crises systémiques liées à nos modes de production, d'organisation et de consommation. La crise ne serait plus alors une situation rare, mais un état récurrent qui pourrait aller jusqu'à menacer la vie humaine sur la Terre. C'est de ce point de vue que nous nous plaçons, non pas parce que nous pensons que ces crises globales sont inéluctables, mais parce que c'est l'attitude la plus raisonnable pour préparer lucidement l'avenir. Nous suivons en cela Jean-Pierre Dupuy (2004). Il faut considérer cette pandémie comme une répétition.

Caractériser la crise du Covid-19

Le terme de « crise » est galvaudé. En référence aux travaux de Patrick Lagadec (1991), nous retenons, pour notre part, une définition de la crise qui est assez

restrictive. La crise est une situation caractérisée par des controverses dans un contexte d'incertitude avec un ou plusieurs acteurs qui sont en position d'accusé. C'est un mélange associant débordement, déferlement, déstabilisation, divergence, décredibilisation et perte de confiance. Le fait que l'acteur accusé perde sa crédibilité est ce qui signe la notion de crise.

Edgar Morin (2012) a écrit un article dans lequel il souligne qu'étymologiquement, la crise (*krisis*, en grec) est un mot médical. C'est le moment de bascule où l'on sait si le malade va survivre ou mourir. Aujourd'hui, la signification du mot est inverse. Ce n'est pas le moment de vérité, c'est le moment où les incertitudes sont telles qu'elles font obstacle à la décision et qu'elles produisent de l'indécision.

Tous les risques sanitaires ne sont pas des crises. Il y a une dissociation entre les risques et les crises. Des crises surviennent alors que les risques sont quasiment inexistantes. La plus célèbre est l'histoire de Perrier en 1991. Des traces de benzène ont été décelées dans treize bouteilles de Perrier. Le risque sanitaire était donc virtuel. La situation a été mal gérée, forçant Perrier à retirer 300 millions de bouteilles du marché américain. L'entreprise sera rachetée par Nestlé.

À l'inverse, des risques importants n'ont jamais débouché sur des situations de crise. L'exemple le plus évident est celui du tabac, produit légal qui est respon-

sable de 70 000 décès par an dans notre pays. Il en est de même de la chlordécone aux Antilles françaises, un pesticide qui a été utilisé dans les bananeraies, qui bien qu'interdit dès 1973 aux États-Unis en raison de sa forte toxicité, continuera d'être utilisé jusqu'en 1993 en France.

Ainsi, il n'y a pas de crisologie, nous ne savons pas à coup sûr pourquoi et comment se fait le passage du risque à la crise. Le contexte français est particulier parce que nous avons été confrontés à une accumulation de défaillances en matière de sécurité sanitaire : Tchernobyl, le sang contaminé, la vache folle, le Médiateur, l'amiante, etc., et bien sûr, le Covid-19. Si le seuil de déclenchement des crises est chez nous très bas, c'est parce que la méfiance de la population envers les décideurs est forte. Beaucoup de nos compatriotes considèrent que quand il y a un conflit entre l'intérêt économique et l'intérêt sanitaire, c'est l'intérêt économique qui va primer (Dab, 2017).

Le Covid-19 a créé une crise, moins par ses impacts, que par les controverses incessantes qu'ont suscitées les décisions du gouvernement accusé d'un manque d'anticipation, d'avoir tenu des propos faussement rassurants, notamment sur les masques, l'ouverture des écoles, l'instauration du passe sanitaire, etc. Cette crise n'est ni un phénomène technique ni un phénomène épidémiologique ou médical. C'est un phénomène social et politique. Ce n'est pas le risque qui a fait la crise, c'est la gestion de ce risque. Et cela est vrai dans toutes les crises. Une crise est toujours la résultante d'une erreur de gestion.

Il faut reconnaître qu'en situation d'incertitude, les décisions sont difficiles à prendre, parce que l'on ne peut pas en prévoir totalement les conséquences. Le virus responsable de la Covid-19 a créé de nombreuses incertitudes, même si les avancées scientifiques ont été remarquables. Quelle est l'origine de ce virus ? Quelle est la part respective des différents modes de transmission ? Quelle est la durée de l'immunité conférée par la maladie ou le vaccin ? Quels en seront les impacts à moyen et long terme ? Aura-t-on un variant à la fois plus contagieux et plus grave ? Ce sont là quelques-unes des questions auxquelles on n'a toujours pas de réponse à la mi-2022. Dès lors, le décideur est sous une double contrainte : surréagir au risque de gaspiller des ressources ou de trop menacer les libertés fondamentales ; ou sous-réagir au risque d'être accusé d'impéritie.

La gestion des situations menaçantes et incertaines n'est possible que si les acteurs accordent leur confiance aux décideurs. Sans une adhésion à la stratégie d'intervention, l'efficacité des mesures prises est faible, ce qui aggrave la défiance. C'est une donnée à garder en tête pour les crises du futur.

Les racines de la crise

Réfléchir aux crises du futur à partir de celle du Covid-19, c'est s'interroger sur les causes profondes qui sont à l'origine de cette pandémie. Il faut certes tirer parti

des erreurs conjoncturelles, mais aussi identifier les faiblesses structurelles.

Face à l'imprévu, la question est de savoir ce qui était prévisible. De nombreux rapports et avis d'experts tenaient pour inévitable la survenue d'une pandémie à virus se transmettant par voie aérienne, notamment le rapport de Door et Bandin (2010). La menace de pandémie grippale en 2009 et le Sras en 2003 montraient la vraisemblance de cette survenue. Dans les deux cas, l'alerte ne s'était pas traduite par des épidémies de grande ampleur. Du coup, on a baissé la garde et tout au long de la décennie 2010, les efforts de préparation ont été relâchés.

Ainsi, en 2020, nous nous sommes retrouvés presque totalement démunis en termes de riposte. Une erreur fréquente – c'est quasiment un réflexe – est de vouloir rassurer en situation d'incertitude sans avoir les preuves à présenter à l'appui des affirmations faites ; il faut avant tout « ne pas paniquer ». Si cette stratégie est démentie, cela va immanquablement déboucher sur une situation de crise, parce que les gens vont avoir le sentiment qu'on les a trompés. Ainsi, ne nous a-t-on pas dit que la probabilité que le virus chinois arrive en France était très faible ?

Donc, il faut disposer de capacités de diagnostic et d'analyse des problèmes assez développées pour veiller à la cohérence des décisions, des messages et de la communication. Dans ces situations, il va y avoir une forte tension médiatique. La communication publique n'a pas réussi à s'imposer sur les chaînes d'information diffusées en continu et sur les réseaux sociaux.

La faiblesse de la réaction initiale renvoie à celle du secteur de la santé publique en France. Qu'il s'agisse de la veille sanitaire ou de la prévention organisée au niveau populationnel, nous manquons de praticiens de terrain. Nous sommes relativement bons en termes de réactivité, mais mauvais sur le plan de la proactivité. La santé est une valeur cardinale. Quand elle est menacée dans un contexte de confiance amoindrie, on bascule très vite dans l'indignation.

Ainsi, les autorités publiques n'ont pas de cartographie des risques et, de façon générale, nous n'avons pas de politique intégrée de gestion des risques sanitaires et environnementaux (Dab, 2021). Les responsabilités aux différents échelons territoriaux ne sont pas claires. L'articulation interministérielle est difficile. Au cours des premiers mois de la pandémie, la répartition des tâches (qui avait la charge de quoi) n'était pas définie de façon explicite. Une impression de gouvernance éclatée et improvisée a dominé.

La communication sur les risques sanitaires n'a pas promu une pédagogie du risque permettant de distinguer ce qui relevait des responsabilités individuelles de ce qui était du niveau de l'organisation collective. *A contrario*, la qualité de la bonne gestion économique de « Bercy » a été soulignée. Un *leadership* fort doublé de services administratifs correctement dotés a permis cela.

Enfin, une autre racine de la crise est que le court terme écrase le long terme. Comme nous allons le voir, ce déséquilibre est lourd de menaces compte tenu des caractéristiques des risques susceptibles de marquer le XXI^e siècle.

Les risques du futur

Un changement majeur s'opère sous nos yeux. Si, jusqu'à présent, l'environnement en tant que facteur de santé était une problématique locale ou régionale, il existe désormais d'énormes enjeux au niveau planétaire : changement climatique, diminution de la couche d'ozone, contaminations de nombreuses espèces vivantes par des polluants organiques persistants, OGM, perte de la biodiversité, raréfaction de la ressource en eau, etc. C'est une véritable menace pour l'espèce humaine et l'habitabilité de cette planète (Dab, 2020).

Le paysage des risques environnementaux est aujourd'hui caractérisé par son incontrôlabilité au niveau individuel (on ne sait pas si l'on est exposé ou non) et par l'effacement d'une triple frontière : spatiale (aucune barrière géographique, administrative ou politique ne peut s'opposer à la diffusion des risques) ; temporelle (la longue latence entre l'exposition et les conséquences de celle-ci) ; et sociale (la complexité des sources de risque qui brouille leur traçabilité et se prête à de gigantesques batailles juridiques sur la question des responsabilités). Ulrich Beck (2001) a le premier décrit cette complexité. Les militaires utilisent l'acronyme VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity et Ambiguity) pour caractériser ces nouvelles menaces.

Des risques nouveaux, qu'il s'agisse de ceux liés aux nouvelles technologies ou à des désordres écologiques, émergent à un rythme de plus en plus rapide avec un champ d'exposition s'étendant à une large population. Il y a un hiatus croissant entre la production de ces nouveaux risques et la capacité de la science à les évaluer d'autant plus que cette évaluation doit être globale dans une optique « One Health » (Conseil scientifique Covid-19, 2022). C'est évidemment une source d'inquiétude.

Nous sommes entrés dans la société du risque et, avec elle, c'est un monde de méfiance et de peur qui se présente à nous. Plus les conséquences sanitaires de ces évolutions seront complexes à évaluer, plus elles recèleront d'incertitudes et plus l'inquiétude sociale montera. De nombreux travaux sociologiques (Setbon, 2021) ont montré que la perception sociale des risques est liée non seulement à leur ampleur, mais aussi aux controverses sur leur existence. C'est sur ce sentiment de vulnérabilité, qui érode la confiance sociale, que se développe le besoin de précaution.

Comment se préparer ?

La question de la gestion des risques est donc la grande question du XXI^e siècle. Elle génère un immense besoin de protection, auquel les organisations publiques et privées doivent se préparer à répondre pour parer à

une menace d'effondrement social et économique. C'est une question centrale pour le vivre-ensemble, mais aussi un impensé des politiques publiques.

En France, le principe de précaution est sanctuarisé dans la Charte de l'environnement promulguée en 2005, en tant que loi constitutionnelle. Elle énonce que « chacun a le droit de vivre dans un environnement équilibré et favorable à sa santé ». Le principe de précaution renvoie à l'idée qu'il ne faut pas attendre d'obtenir les preuves définitives d'un danger pour commencer à agir, car attendre que les preuves soient établies conduirait à différer toute action et à rendre celle-ci potentiellement inefficace. Ce principe fait l'objet de controverses. Pour les uns, l'homme n'est pas suffisamment protégé. Pour les autres, la précaution stérilise l'innovation.

La sensibilité accrue des systèmes de veille sanitaire contribue au climat d'inquiétude. Si l'on est de mieux en mieux armé pour détecter des menaces, on a aussi les plus grandes difficultés à rassembler des preuves formelles de causalité, dans le contexte d'incertitude évoqué plus haut. La science crée plus d'incertitudes et donc d'inquiétudes que l'inverse, d'où un sentiment de perte de maîtrise.

Quel contenu donner au principe de précaution ? De quelle doctrine relève-t-il ? Plutôt que d'être pour ou contre ce principe, il vaudrait mieux se demander comment trouver, dans une société démocratique, un équilibre conciliant innovation et protection des populations, mais aussi comment gouverner plus efficacement les situations incertaines. Nous n'avons pas de doctrine générale pour décider que faire dans ces situations. Parfois, nous sommes très précautionneux, comme avec les OGM, mais, dans d'autres cas, les intérêts économiques priment, comme pour les pesticides. Ces contradictions créent un sentiment d'incohérence propice aux procès d'intention.

Nous avons acté un principe, mais il est maintenant nécessaire de construire une procédure d'application de celui-ci permettant de faire des choix clairs et transparents pour décider dans des contextes incertains. Cette procédure fait malheureusement défaut.

Dans son rapport annuel pour 2021, le Conseil d'État écrit : « Cette éventualité doit être préparée par l'élaboration d'un cadre global, à la fois juridique et opérationnel. Un tel cadre doit, d'une part, renforcer l'efficacité de l'action des pouvoirs publics confrontés à des crises majeures et, d'autre part, préserver les principes républicains qui imposent, notamment, que l'état de droit ne soit affecté que dans la limite de ce qu'exige la situation d'urgence et pour une courte durée. Mais il doit, de façon primordiale, circonscrire ce qui relève d'un état d'urgence et ce qui, à l'inverse, relève d'autres modalités de gestion de crises ou de situations exceptionnelles. »

Autrement dit, il faut bâtir une véritable politique du risque. Avant de parler des structures, il faut énoncer les missions. Une politique du risque sanitaire, c'est d'abord une politique moins dictée par les événements et plus orientée par des réflexions stratégiques. Pour cela, il faut disposer d'une cartographie des risques, d'une doctrine (notamment sur le contenu opérationnel).

nel à donner au principe de précaution), d'un partage clair des responsabilités (les risques majeurs sont des risques orphelins), de procédures, de moyens dédiés et de démarches d'évaluation, le tout étant alimenté par des procédures de retours d'expérience systématiques. L'erreur est compréhensible, mais ne pas en tirer de leçons est inacceptable.

Actuellement, nous avons des institutions de sécurité sanitaire, mais pas de véritable politique en la matière. On peut imaginer plusieurs types d'organisation pour porter une telle politique. Comme le recommande le Conseil d'État, il faudrait « procéder, secteur par secteur, à un inventaire des dispositifs juridiques et opérationnels de gestion des crises de grande ampleur donnant aux autorités publiques des outils permettant de faire face aux crises susceptibles d'être anticipées. »

Si le rôle de l'État est incontournable pour la conception et l'évaluation de cette politique, un enjeu crucial est celui de la coopération entre les différents secteurs de la société. Les collectivités, les entreprises, les assureurs, les associations, etc. doivent partager un cadre commun pour leurs actions de façon à ce qu'elles ne soient pas mises en œuvre de façon anarchique.

L'efficacité commande aussi que la politique de la nation soit articulée avec celle de l'Union européenne. La création de l'Autorité européenne de préparation et de réaction en cas d'urgence sanitaire (HERA) est une initiative qui mérite d'être saluée, car elle va dans ce sens. Au-delà, une gouvernance mondiale est nécessaire, du fait de la nature systémique et interdépendante des risques qui se profilent.

Enfin, l'épisode du Covid-19 a bien montré l'importance d'obtenir, d'une part, des données fiables et, d'autre part, des avis d'experts scientifiques. Il y a une organisation de l'expertise à penser pour tirer le meilleur parti des grandes compétences disponibles dans les établissements d'enseignement et de recherche, les sociétés savantes, les Académies, etc. La multiplication des instances d'expertise créées pour la gestion de l'épidémie montre l'importance de limiter les discordances qui accroissent l'incertitude au lieu de la réduire.

Faire face aux crises du XXI^e siècle demande ainsi un effort d'anticipation, une réflexion organisationnelle et politique, une coopération entre les différents acteurs ainsi qu'une articulation entre le monde de la décision et celui de la science afin de bâtir des stratégies d'intervention performantes. Encourager la responsabilité individuelle pour limiter les sources de risques systémiques est une nécessité. Transformer nos modes de vie pour les rendre moins destructeurs de l'environnement en est une autre. Mais les organisations et les entreprises doivent également emprunter cette même voie à la fois pour prévenir les risques et mieux gérer les crises.

Références bibliographiques

BECK U. (2001), *La société du risque*, Paris, Aubier.
 CONSEIL D'ÉTAT (2021), « Étude annuelle : les états d'urgence, la démocratie sous contrainte ».

CONSEIL SCIENTIFIQUE COVID-19 (2022), « One health – Une seule santé. Santé humaine, animale, environnement. Les leçons de la crise », rapport du 8 février 2022, 24 pages.

DAB W. (2020), *Santé et environnement*, collection « Que sais-je », n°3771, 5^e édition, Paris, PUF/Humensis.

DAB W. (2021), « La gestion du risque sanitaire en France : le défi de l'incertitude », *Responsabilité et environnement – Annales des Mines*, n°104, octobre, pp. 55-59.

DAB W. (2017), « Gestion des crises sanitaires », *Techniques de l'ingénieur*, SE3810 V1, pp. 1-12.

DOOR J.-P. & BLANDIN M. C. (2010), « Mutation des virus et gestion des pandémies », rapport de l'OPECST, 256 pages.

DUPUY J.-P. (2004), *Pour un catastrophisme éclairé*, Paris, Seuil.

LAGADEC P. (1991), *La Gestion des crises – Outils de réflexion à l'usage des décideurs*, Paris, Ediscience, McGraw Hill.

MORIN E. (2012), « Pour une crisologie », *Communication*, n°91, pp. 135-152.

SETBON M. (2021), « Face au risque sanitaire : perceptions, émotions, décisions », Paris, Elsevier Masson.

L'acceptabilité sociale des mesures sanitaires : retour sur l'impératif de la participation publique

Par Alice FRISER

Professeure, département des sciences administratives,
Université du Québec en Outaouais

Marie-Luc ARPIN

Professeure, département de management et gestion des ressources humaines,
École de gestion, Université de Sherbrooke

Corinne GENDRON

Professeure, département de stratégie, responsabilité sociale et environnementale,
Université du Québec à Montréal

Et Stéphanie YATES

Professeure, département de communication sociale et publique,
Université du Québec à Montréal

Alors que le courant de l'acceptabilité sociale s'est construit en lien étroit avec les pratiques de participation publique, au point que plusieurs les estiment consubstantiels, force est de constater que l'acceptabilité sociale est souvent tacite ou passive. Ainsi, la légitimité de décisions prises unilatéralement est peu remise en question en contexte de crise, comme l'illustre la gestion de la pandémie de Covid-19. Pour autant, les mesures de confinement ont peu à peu suscité un malaise démocratique comme l'ont souligné plusieurs observateurs. Ce qui pose la question suivante : jusqu'à quel point l'urgence et le recours à l'expertise institutionnelle peuvent-ils se substituer à la participation publique pour légitimer les décisions publiques ? En revisitant la littérature sur l'acceptabilité sociale à l'aune de la crise sanitaire, nous avançons l'idée qu'en dépit des craintes de certaines administrations, il est avantageux d'ouvrir le débat à propos des mesures de gestion sanitaire plutôt que de confiner la décision à un cénacle de responsables politiques et d'experts institutionnels.

Qu'ont en commun la passe sanitaire, le couvre-feu et l'obligation de porter le masque ? Choisies par plusieurs gouvernements à travers le monde, ces mesures de gestion de la pandémie de Covid-19 ont été adoptées sans consultation publique alors même qu'elles brimaient les droits et libertés des individus. Si elles ont suscité des réactions variables, force est de constater qu'elles ont été globalement bien accueillies et qu'une grande majorité de la population s'y est conformée. L'appel d'une vice-Première ministre du Québec à « la docilité et à l'obéissance » de tous illustre bien le climat de résignation remplie d'espoir qui

accompagnait l'imposition de cette première vague de mesures¹. Même si, depuis, l'adhésion du public semble s'être quelque peu émoussée et que des mouvements contestataires sont apparus, les mesures de confinement restent encore aujourd'hui largement acceptées.

Comment expliquer un tel assentiment à des mesures imposées sans consultation à une époque où la participation citoyenne est souvent présentée comme

¹ ELKOURI R. (2020), « Dociles et obéissants », *La Presse*, 30 avril, <https://www.lapresse.ca/covid-19/2020-04-30/dociles-et-obéissants>

une condition de l'acceptabilité sociale ? Le contexte exceptionnel de crise suffit-il à comprendre l'adhésion généralisée des populations aux mesures sanitaires ? Bref, la gestion de crise implique-t-elle nécessairement des décisions publiques unilatérales au détriment de dispositifs participatifs devenus omniprésents dans les autres sphères de l'action publique ?

Nous tenterons de répondre à ces questions à partir de plusieurs travaux portant sur l'acceptabilité sociale et la légitimité. Cela nous permettra de mieux comprendre comment peut se construire l'acceptabilité sociale hors de la participation publique, notamment en contexte de crise. Cette réflexion sera aussi l'occasion d'explorer les modalités participatives de gestion de crise choisies par certaines administrations et de tirer des conclusions quant aux conséquences possibles d'une gestion unilatérale des crises en contexte d'incertitude (Séguir, 2020 ; Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 2021).

L'acceptabilité sociale

Le concept d'acceptabilité sociale s'est imposé il y a une vingtaine d'années, alors que se multipliaient les conflits autour de projets d'infrastructures. Les citoyens commencèrent à dénoncer les réaménagements et les nuisances induits par plusieurs de ces projets, allant même jusqu'à en questionner le bien-fondé. En réponse à ces contestations, plusieurs promoteurs ont développé des stratégies de communication visant à étouffer tout conflit, pour que leur projet puisse se concrétiser dans un climat social pacifié. Mais les populations ne furent pas dupes de ces campagnes promotionnelles : elles exigèrent que soient institués de véritables espaces de dialogue susceptibles de faire écho à leurs doléances et même de co-construire les projets.

Le courant de l'acceptabilité sociale s'est développé alors que se généralisaient les dispositifs de participation publique, au point que plusieurs définitions présentent cette participation comme un élément constitutif de l'acceptabilité². Dans la foulée, une abondante littérature s'est penchée sur des mécanismes de participation toujours plus sophistiqués permettant d'instaurer un dialogue constructif entre les acteurs sociaux

² Voir, par exemple, les définitions suivantes de l'acceptabilité sociale : « Processus d'évaluation politique d'un projet mettant en interaction une pluralité d'acteurs impliqués à diverses échelles et à partir duquel se construisent progressivement des arrangements et des règles institutionnels reconnus légitimes, car cohérents avec la vision du territoire et le modèle de développement privilégiés par les acteurs concernés », FORTIN Marie-Josée et FOURNIS Yann (2013), *Acceptabilité sociale, énergies et territoires : de quelques exigences fortes pour l'action publique*, mémoire GRIDEQ, UQAR ; « Résultat d'un processus par lequel les parties concernées construisent ensemble les conditions minimales à mettre en place pour qu'un projet, programme ou une politique s'intègrent harmonieusement, et à un moment donné, dans leur milieu naturel et humain », CARON-MALENFANT Julie et CONRAUD Thierry (2009), *Guide pratique de l'acceptabilité sociale : pistes de réflexion et d'action*, Éditions D.P.R.M.

(Shpley et Utz, 2012)³. L'acceptabilité sociale a du même coup été interprétée comme l'incarnation d'une démocratie participative offrant aux citoyens la possibilité de prendre part à la vie politique en dehors des périodes électorales et d'influer sur les structures et les décisions publiques au-delà des rendez-vous prévus par la démocratie représentative (Batellier, 2015 ; Gendron, 2014 ; Yates, 2018).

Pourtant, l'acceptabilité sociale est souvent tacite ou passive. Bon nombre de projets vont de l'avant sans susciter d'opposition : ils sont acceptés d'emblée et ne soulèvent aucun débat. Ou bien les controverses demeurent confinées dans certains cercles d'experts sans se transposer dans le grand public (Callon *et al.*, 2001)⁴. On peut dès lors se demander si les démarches participatives ne se limitent pas le plus souvent à gérer l'inacceptabilité, qu'elle soit avérée ou anticipée, plutôt que d'incarner l'idéal d'une co-construction chère au paradigme de la démocratie participative.

Dans la définition qu'elle proposait en 2014, Corinne Gendron exclut sciemment la référence à un processus de participation publique comme un élément incontournable de l'acceptabilité sociale. Elle définit cette dernière comme « l'assentiment de la population à un projet ou à une décision résultant du jugement collectif que ce projet ou cette décision est supérieur aux alternatives connues, y compris le *statu quo* » (Gendron, 2014). Ainsi défini, le concept d'acceptabilité sociale peut être utile pour comprendre l'accueil de mesures sanitaires unilatérales.

En situation de crise, la légitimité des décisions prises selon un mode descendant (ou *top-down*) est peu remise en question. La crise requiert en effet une attention immédiate dans un climat d'incertitude élevé (Pauchant, 1988 ; Roux-Dufort, 2000). Le doute est rapidement balayé derrière des décisions tranchées et incontestables (Roqueplo, 1997), tandis que les décideurs tendent à écarter le « savoir situé » issu des citoyens (Raymond *et al.*, 2010). La participation est, quant à elle, souvent présentée comme un luxe que l'on ne peut se permettre en situation d'urgence.

³ À titre d'exemples, les mécanismes les plus discutés dans la littérature sont les *public meetings*, les jurys de citoyens, les *focus groups*, les ateliers de scénarios, la collaboration, le visionnement, la construction de consensus et les techniques basées sur le Web, les approches informatiques et les médias sociaux (Shpley et Utz, 2012).

⁴ Nous pensons, par exemple, à l'inquiétude que suscite chez les chercheurs la délégation montante et largement imperceptible de décisions importantes à des intelligences artificielles (IA) – des chercheurs en sciences sociales et humaines (Taddeo et Floridi, 2018 ; Carabantes, 2019 ; Hatuka *et al.*, 2020), mais aussi en science informatique (Aïvodji *et al.*, 2019). Le contraste est frappant entre l'essor de cette délégation et le silence quasi total qui l'entoure dans la sphère publique. À tel point qu'en janvier 2020, le Commissariat à la protection de la vie privée du Canada, reprenant lui-même un rapport de Deloitte (2019), s'inquiétait du ressac imminent de la trop longue vague d'adhésion passive aux systèmes d'IA en prévenant que « les entreprises et les gouvernements ne dispos[ai]ent pas de beaucoup de temps pour agir et répondre aux risques perçus de l'IA, avant que les Canadiens ne tournent le dos à cette nouvelle technologie », https://www.priv.gc.ca/fr/a-propos-du-commissariat/ce-que-nous-faisons/consultations/consultations-terminees/consultation-ai/reg-fw_202011/

La gestion de la pandémie de Covid-19 est emblématique d'une gouvernance traditionnelle laissant peu de place à la participation citoyenne (Pearse, 2020 ; Norheim *et al.*, 2020). Les acteurs publics agissant selon un mode autoritaire semblent pourtant avoir joui d'une bonne légitimité pendant la phase aiguë de la crise, même si un mécontentement a peu à peu émergé alors que la pandémie évoluait vers sa phase chronique. Avec le temps, les avis des scientifiques ne semblaient plus aussi unanimes, l'efficacité des mesures fut de plus en plus questionnée et plusieurs responsables furent évincés. Aux yeux de certains observateurs, la gestion de la pandémie s'est peu à peu traduite par un véritable malaise démocratique : jusqu'à quel point l'urgence et le recours à l'expertise institutionnelle peuvent-ils se substituer à la participation publique pour légitimer les décisions publiques en contexte de forte incertitude ?

Une acceptabilité sociale sans participation publique ?

Comme le rappelle Suchman (1995), la légitimité d'une décision se décline selon plusieurs dimensions. Pour être considérée comme légitime sur le plan *pragmatique*, une décision doit répondre à un besoin ou à une demande de la population concernée ; sur le plan *moral*, cette décision doit respecter les normes et les valeurs de cette même population ; et sur le plan *cognitif*, la décision doit s'articuler avec les croyances profondes de la population et lui paraître évidente. Lorsqu'une politique ou une décision s'appuient sur des arguments pragmatiques et qu'elles sont en phase avec des valeurs et des croyances largement partagées, elles peuvent susciter une adhésion naturelle. On comprend dès lors que la participation publique n'est pas toujours nécessaire pour assurer la légitimité d'une décision.

Au début de la crise sanitaire, face à un virus dont on ignorait tout, l'espoir de freiner une pandémie potentiellement dévastatrice a favorisé l'acceptation de mesures sanitaires drastiques telles que les fermetures de commerces ou d'écoles, l'interdiction des déplacements et le confinement. La mise en avant d'une responsabilité individuelle et collective par les autorités pour faire face à une situation d'urgence hors du commun a sans doute aussi contribué à la légitimité morale des mesures préconisées. Toutefois, au fil de la crise, les doutes scientifiques, l'expression d'expertises alternatives aux discours officiels ainsi que des ratés dans le système de santé ont pu mettre à mal la légitimité cognitive et pragmatique des décisions gouvernementales⁵.

Au fil des mois, certains observateurs ont dénoncé une gestion pandémique répondant davantage à des visées électoralistes qu'à des données scientifiques ; certains assouplissements auraient ainsi été dictés davantage par la crainte d'un rejet plus global des mesures sani-

taires que par la situation pandémique du moment⁶. Si la dimension politique ne peut être écartée de l'analyse, il n'en reste pas moins que l'adhésion de la population à des mesures sanitaires est consubstantielle de leur efficacité, et il aurait été impossible de surveiller une population globalement récalcitrante.

Dans certains pays, le prolongement de la pandémie fut plutôt l'occasion d'initier des processus participatifs visant à orienter les politiques publiques dans un contexte social de plus en plus difficile (Yates et Mimée, 2021). En prévision de la deuxième vague de Covid-19, le gouvernement du Sud de l'Australie (South Australian Government) a mis sur pied des forums regroupant 250 leaders multiculturels issus de plus de 70 communautés dans le but de mieux comprendre les préoccupations et les besoins de la population dans la lutte contre la pandémie⁷. Au Royaume-Uni, la West Midlands Combined Authority a mis sur pied un panel citoyen en ligne dont l'objectif était d'informer et de guider la définition des priorités dans la relance de l'économie⁸. Enfin, mentionnons le cas des Pays-Bas, où 30 000 participants furent invités à se prononcer sur huit scénarios possibles de déconfinement. Au préalable, tous avaient reçu des informations relatives aux impacts sociétaux de chacune des mesures, dont les effets d'une option donnée sur le système de santé (Mouter *et al.*, 2020).

Le Québec a préféré écarter l'option du dialogue quant aux mesures sanitaires à privilégier en invoquant les risques de laisser libre cours aux fausses informations⁹. Pourtant, l'ouverture à la participation aurait permis de mettre à plat les arguments liés aux différentes mesures sanitaires proposées pour rectifier les fausses informations éventuelles, mais aussi pour mieux comprendre le questionnement et l'appropriation ou la réinterprétation de la science par certains segments de la population. L'ouverture à la participation publique aurait également permis d'appréhender les craintes et les réticences de la population, et d'anticiper le caractère problématique de certaines mesures, telles que l'imposition du couvre-feu aux sans-abris. La prise en compte des doléances de la population aurait été l'occasion d'explicitier des alternatives et de négocier de nouvelles normes d'actions porteuses d'innovations sociales (Fortin et Le Floch, 2010 ; Lascoumes, 2014). Enfin, l'instauration d'un dia-

⁵ Comme le fait remarquer Séguin, il est intéressant de noter comment les premiers discours alternatifs ont été caricaturés et stigmatisés en les amalgamant notamment à un mouvement anti-science dogmatique (Séguin, 2022).

⁶ BÉRARD Frédéric (2021), « Une marionnette nommée Dr Arruda », *Journal Métro*, 22 décembre, <https://www.msn.com/fr-ca/actualites/quebec-canada/une-marionnette-nommee-dr-arruda/ar-AAS3igb?li=AAanjZr>

⁷ PARTICIPEDIA (2021), *Covid-19, Culturally and Linguistically Diverse Community Forums: South Australia*, <https://participedia.net/case/7086>

⁸ PARTICIPEDIA (2020), *Citizens' Panel – Planning the West Midland's Recovery*, <https://participedia.net/case/7085>

⁹ « La tenue d'un débat au Parlement sur le passeport vaccinal (https://www.ledevoir.com/passeport-vaccinal?utm_source=recirculation&utm_medium=hyperlien&utm_campaign=corps_texte) aurait pu donner une tribune à des groupes véhiculant de fausses informations, selon le Premier ministre François Legault ». PORTER I. (2021), « Un débat sur le passeport vaccinal serait risqué, selon François Legault », *Le Devoir*, 12 août, <https://www.ledevoir.com/politique/quebec/624234/passeport-vaccinal-une-commission-parlementaire-auroit-ete-risqueuse-selon-le-pm>

logue social aurait permis de réfléchir collectivement aux valeurs à privilégier dans le dosage des mesures de confinement et de déconfinement, entre la protection et l'isolement des populations vulnérables, la valorisation des libertés individuelles ou la reprise économique.

Un confinement du débat qui n'est pas sans conséquences

Il n'en reste pas moins que même si l'ouverture à la participation publique, y compris en contexte de crise, peut permettre de faire émerger des alternatives à des projets et des politiques controversés pour éventuellement les bonifier, celle-ci ne permet pas systématiquement d'aboutir à une acceptabilité sociale (Fraser, 2021 ; Fraser et Yates, 2021 ; Gendron, 2016). Tel est le cas lorsque les valeurs affichées par l'ensemble des acteurs sociaux sont irréconciliables (Gendron, 2014), lorsque le processus à travers lequel les décideurs orchestrent ces dispositifs n'est pas considéré comme légitime (Yates et Lalande, 2021), ou encore lorsque les acteurs sociaux ont l'impression que leur participation a été instrumentalisée (Gendron, Yates et Motulsky, 2016). Il faut aussi reconnaître que les mécanismes de dialogue n'offrent pas à tous les citoyens le même degré de participation : les populations marginalisées sont rarement prises en compte dans ce type de processus. Enfin, les mécanismes ne sont pas toujours dialogiques et, bien souvent, ils opèrent des arbitrages plus qu'ils n'orchestrent une concertation (Veillette, 2019 ; Callon, Lascoumes et Barthes, 2001).

Malgré ces limites, en contexte d'incertitude, il demeure encore plus risqué de réduire le débat à une décision prise entre experts, en espérant que la population donne son assentiment de manière tacite, sans avoir eu la possibilité de s'exprimer sur les options possibles. Lorsque les décisions sont sujettes à controverse, la passivité initiale peut laisser couvrir des oppositions qui éclateront brutalement au grand jour lorsque l'enjeu deviendra saillant dans l'espace public. Le tout est susceptible de conduire à une cristallisation rapide des oppositions qui sera difficile à déconstruire par la suite.

C'est d'ailleurs une dynamique susceptible de s'observer dans d'autres domaines. À titre d'exemple, l'essor du numérique (la 5G, le *Big Data*, l'Internet des objets, l'IA...) et les investissements dans la ville « intelligente » n'ont guère fait l'objet de débats malgré les fortes incidences collectives et individuelles du recours à des systèmes d'IA (Arpin et Gamps, 2021). Sans une légitimité établie sur la base d'un véritable dialogue social autour des retombées collectives attendues d'usages socialement légitimes de l'IA et autour des normes qui doivent les encadrer, c'est un effet de ressac qui guette vraisemblablement les promoteurs acritiques du numérique dans les villes contemporaines¹⁰.

¹⁰ "Public reaction and lawmaker responses may lead to knee-jerk hardline, poorly-designed legislation resulting in severe restrictions on the use of AI or its development. Such responses would cause damage to progress of a technology that can be used for significant positive benefit to society and solve problems on our behalf" (Truby, 2020, 947).

Tel que le suggère la recherche sur la légitimité sociale des organisations, l'adhésion sociale passive n'est toujours que temporaire : elle prédispose inévitablement à des retournements soudains, fragmentaires et contre-productifs vis-à-vis des objets auxquels l'assentiment tacite a été donné (Suddaby et Greenwood, 2005 ; Bitektine, 2011). Ainsi, en ce qui a trait spécifiquement à la pandémie de Covid-19, tout porte à penser que des mesures sanitaires ou de déconfinement imposées au-delà d'un certain seuil et s'inscrivant dans la durée indépendamment d'une concertation sociale risqueront vraisemblablement de miner la confiance (ou d'exacerber le manque de confiance) des communautés envers leurs élus et autres décideurs membres des cellules de gestion de la crise. Or, comme l'illustrent les analyses de Ward *et al.* (2022), la confiance envers les autorités est un ingrédient essentiel de l'acceptabilité sociale des mesures sanitaires. Cela rejoint les premières conceptualisations proposées par Brunson *et al.* (1996) il y a déjà une vingtaine d'années, alors qu'ils mettaient en évidence la centralité du lien de confiance dans les dynamiques d'acceptabilité sociale.

Bibliographie

- AÏVODJI U., ARAI H., FORTINEAU O., GAMBS S., HARA S. & TAPP A. (2019), *Fairwashing: the risk of rationalization*, In International Conference on Machine Learning, pp. 161-170.
- BATELLIER P. (2015), *Acceptabilité sociale, cartographie d'une notion et de ses usages*, Cahier de recherche, UQAM, Les publications du Centr'ERE, juin.
- BITEKTINE A. (2011), "Toward a theory of social judgments of organizations: The case of legitimacy, reputation, and status", *Academy of management review* 36(1), pp. 151-179.
- BRUNSON M. W., KRUGER L. E., TYLER C. B. & SCHROEDER S. A. (dir.) (1996), *Defining social acceptability in ecosystem management: a workshop proceedings*, Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-369, Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific, Northwest Research Station.
- CARABANTES M. (2019), "Black-box artificial intelligence: an epistemological and critical analysis", *AI & Society*, pp. 1-9.
- FORTIN M.-J., DEVANNE A.-S. & LE FLOCH S. (2010), « Le paysage politique pour territorialiser l'action publique et les projets de développement : le cas de l'éolien au Québec », *Développement durable et territoires* 1(2).
- FRISER A. (2021), « Co-construire l'expertise pour sortir de la controverse », Colloque « Acceptabilité sociale et controverses : repenser la participation citoyenne au débat public », 88^e congrès de l'ACFAS, Université de Sherbrooke, 4 mai.
- FRISER A. & YATES S. (2021), « L'acceptabilité sociale : une question de démocratie participative ? » (article introductif), *Revue internationale de psychosociologie et de gestion des comportements organisationnels*, vol. XXVII (69), pp. 5-16.
- GENDRON C. (2014), « Penser l'acceptabilité sociale : au-delà des intérêts, les valeurs », *Revue internationale de communication sociale et publique* 11, pp. 117-119.
- GENDRON C., YATES S. & MOTULSKY B. (2016), « L'acceptabilité sociale, les décideurs publics et l'environnement : légitimité et défis du pouvoir exécutif », *VertigO, La revue électronique en sciences de l'environnement* 16(1), 23 pages.
- GENDRON C. (2016), « Une science pacificatrice au service de l'acceptabilité sociale ? Le cas des gaz de schiste au Québec », *Éthique Publique* 18 (1).

- HATUKA T., TOCH E., BIRNHACK M. & ZUR H. (2020), *The Digital City: Critical Dimensions in Implementing the Smart City*, Available at SSRN : https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3766782
- IPCC – MASSON-DELMOTTE V., ZHAI P., PIRANI A., CONNORS S. L., PÉAN C., BERGER S., CAUD N., CHEN Y., GOLDFARB L., GOMIS M. I., HUANG M., LEITZELL K., LONNOY E., MATTHEWS J. B. R., MAYCOCK T. K., WATERFIELD T., YELEKÇIO., YUR. & ZHOU B. (eds.) (2021), *Summary for Policymakers*, In : "Climate Change 2021 : The Physical Science Basis", Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. In Press.
- LASCOUMES P. (2014), « Controverse », In BOUSSAGUET L., JACQUOT S. & RAVINET P. (dir), *Dictionnaire des politiques publiques*, Paris, Presses de Sciences Po, pp. 172-179.
- MOUTER N., HERNANDEZ J. I. & ITTEN A. V. (2020), "Public participation in crisis policymaking. How 30,000 Dutch citizens advised their government on relaxing Covid-19 lockdown measures", *medRxiv*, <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.11.09.20228718v1.full>
- NORHEIM O. F., ABI-RACHED J. M., BRIGHT L. K., BÆRØE K., FERRAZ O. L., GLOPPEN S. & VOORHOEVE A. (2020), "Difficult trade-offs in response to Covid-19: the case for open and inclusive decision making", *Nature Medicine*, pp. 1-4.
- PAUCHANT T. C. (1988), *Crisis management and narcissism. A kohutian perspective*, Los Angeles, University of Southern California.
- PEARSE H. (2020), "Deliberation, citizen science and Covid-19", *The Political Quarterly* 91(3), pp. 571-577.
- RAYMOND C. M., FAZEY I., REED M. S., STRINGER L. C., ROBINSON G. M. & EVELY A. C. (2010), "Integrating local and scientific knowledge for environmental management", in *J. Environmental Management* 91, pp. 1766-1777.
- ROQUEPLO P. (1997), *Entre savoir et décision, l'expertise scientifique*, Éditions Quae.
- ROUX-DUFORT C. (2000), *Gérer et décider en situation de crise : outils de diagnostic de prévention et de décision*, Paris, Éditions Dunod, 229 pages.
- SEGUIN E. (2022), intervention dans le cadre de la conférence « Causes et conséquences de l'inculture scientifique en démocratie », cycle de conférences 2021-2022 de la Chaire Unesco d'étude des fondements philosophiques de la justice sociale et de la société démocratique, 5 avril.
- SÉGUR M. (2020), « En 2040, une multiplication des crises sanitaires mondiales », In DÉSAUNAY C. (éd.), « Rapport Vigie 2020 : scénarios de rupture à l'horizon 2040-2050 », *Futuribles*, pp. 93-107.
- SHIPLEY R. & UTZ S. (2012), "Making it Count: A Review of the Value and Techniques for Public Consultation", *Journal of Planning Literature* 27(1), pp. 22-42.
- SUCHMAN M. C. (1995), "Managing Legitimacy: Strategic and Institutional Approaches", *The Academy of Management Review* 20(3), pp. 571-610.
- SUDDABY R. & GREENWOOD R. (2005), "Rhetorical strategies of legitimacy", *Administrative science quarterly* 50(1), pp. 35-67.
- TADDEO M. & FLORIDI L. (2018), "How AI can be a force for good", *Science* 361(6404), pp. 751-752.
- TRUBY J. (2020), "Governing Artificial Intelligence to benefit the UN Sustainable Development Goals", *Sustainable Development* 28(4), pp. 946-959.
- VEILLETTE M. (2019), « La participation publique », *Cahier de recherche du CRSDD*, série 2019-2020, sous la direction de Corinne Gendron, 57 pages.
- WARD J. K., GAUNA F., GAGNEUX-BRUNON A., BOTELHO-NEVERS É., CRACOWSKI J.-L., KHOURI C., LAUNAY O., VERGER P. & PERETTI-WATEL P. (2022), "The French health pass holds lesson for mandatory Covid-19 vaccination", *Nature Medicine* 28, pp. 226-235.
- YATES S. (2018). « L'acceptabilité sociale en tant que nouvel impératif des organisations », dans YATES S. (dir.), *Introduction aux relations publiques. Fondements, enjeux et pratiques*, Québec, Les Presses de l'Université du Québec, pp. 203-227.
- YATES S. & LALANDE J. (2021), « Quand le modèle du déversement du savoir mène à l'échec : les luttes d'expertise au cœur de l'acceptabilité sociale de projets d'exploitation des ressources naturelles », colloque « Acceptabilité sociale et controverses : repenser la participation citoyenne au débat public », 88^e congrès de l'ACFAS, Université de Sherbrooke, 4 mai.
- YATES S. & MIMÉE H. (2021), « La Covid-19 et ses répercussions dans le domaine de la participation publique », rapport de recherche commandé par l'Association internationale de participation publique (IAP2), section Canada.

Une seule santé : prendre en compte les liens entre la santé humaine, la santé animale et les écosystèmes

Par **Élisabeth TOUTUT-PICARD**

Psychosociologue

Appartenant à la famille des zoonoses, la pandémie de Covid-19 interroge sur les interactions entre santé humaine, faune sauvage et environnement.

La pandémie de Covid-19 nous a plongés brutalement dans l'urgence et les larmes et nous a invités à reconsidérer la place que nous autres, êtres humains, occupons dans la longue et complexe chaîne du vivant sur notre planète.

C'est un rappel soudain à une sagesse depuis longtemps perdue de vue, à la conscience de notre interdépendance avec tout ce qui vit sur Terre : faune, flore, écosystèmes, et même jusqu'aux bactéries. La détérioration des milieux naturels, la prévalence des pesticides, les épisodes récurrents de pollution de l'air, l'omniprésence de la pollution chimique et le changement climatique sont désormais clairement identifiés comme des facteurs pathogènes, extérieurs aux individus, qui impactent non seulement la santé humaine, mais aussi la santé animale et celle des écosystèmes.

La chaîne des interactions entre tous les acteurs du vivant détermine donc notre état de santé et, par effet systémique, concerne aussi l'état de santé de toutes les autres composantes de la vie sur notre planète. La crise sanitaire nous a fait la démonstration flagrante de ces interactions entre santé humaine, faune sauvage et environnement. Cette pandémie appartiendrait en effet à la famille des zoonoses, ces maladies infectieuses transmises par les animaux et qui affectent les humains. Or, la fréquence de ces zoonoses observées depuis plusieurs dizaines d'années semble s'accroître : 60 % des maladies humaines anciennes sont d'origine animale ; 75 % des maladies humaines émergentes sont des zoonoses. Les causes en sont multiples : la mondialisation de l'économie conjuguée au développement démographique, l'industrialisation, la déforestation, l'intensification de l'élevage ; autant de causes qui rapprochent dangereusement l'univers des

humains de celui des animaux et provoquent l'érosion de la biodiversité et la dégradation des écosystèmes.

Dès lors, l'espèce humaine est confrontée aux conséquences de ses propres choix. Mise au pied du mur, elle a dû répondre à un ensemble de questions soudaines auxquelles elle n'était pas vraiment préparée et qui interrogent toutes les dimensions de ses organisations économiques et sociales : est-il possible d'anticiper et de prévenir les pandémies ? Comment s'engager et être acteur d'une transformation des modèles de société ? Économie et préservation de la santé et de l'environnement sont-ils conciliables ? Au regard de mon expérience d'élue nationale, je suis persuadée que le monde de la science doit inspirer et accompagner la décision des acteurs politiques. Mais, à l'heure actuelle, qu'en est-il concrètement de la mobilisation du monde politique ? Quels sont les documents porteurs de ces politiques et les stratégies actuelles ?

Les travaux des Assemblées parlementaires : des conclusions convergentes

Les élus politiques nationaux se sont d'ores et déjà mobilisés sur ces questions de santé et d'environnement. Les deux chambres du Parlement se sont d'ailleurs toutes deux récemment emparées du sujet. Début 2021, les Sénateurs ont rendu un rapport dans le cadre d'une mission d'information intitulée « Priorité et gouvernance de la politique de santé environnementale », dont les conclusions rejoignent en quasi-totalité les recommandations précédemment formulées par l'autre chambre parlementaire. À l'Assemblée nationale, en

effet, une commission d'enquête parlementaire composée de trente députés, que j'ai eu l'honneur de présider, a été diligentée fin 2020 pour évaluer les politiques publiques de santé environnementale. Le sentiment général qui est ressorti des soixante-quatre auditions réalisées par cette commission est celui d'une certaine impuissance collective face à des enjeux encore mal connus et sur lesquels la connaissance et le discours scientifiques continuent à se structurer. L'acculturation du pouvoir politique et de l'administration à ces questions est lente et progressive, et les organisations nationales et territoriales sont souvent défailtantes. Elles peinent en effet à dépasser le vieux modèle français de la spécialisation en silo qui freine la transversalité et l'interdisciplinarité, pourtant indispensables à l'approche « Une seule santé ».

Le point positif qui est ressorti de ces auditions est que la France est le seul pays d'Europe qui met en œuvre une politique publique de Santé Environnement au travers de plans pluriannuels. L'existence d'un plan national Santé Environnement (PNSE) avec une dimension programmatique pluriannuelle représente une vraie opportunité sanitaire. Cependant, l'exercice programmatique a ses limites. De vives critiques ont porté sur l'écart constaté entre l'affichage théorique des objectifs des plans précédents et l'effectivité des actions en résultant. Les versions successives des PNSE contiennent pourtant de nombreuses actions intéressantes, mais elles pâtissent de l'absence d'une vraie colonne vertébrale organisationnelle. Le groupe Santé Environnement (GSE) participe à l'élaboration de ces plans, et ce depuis l'adoption du premier. C'est une belle machinerie intellectuelle et participative issue du Grenelle de l'environnement, que j'ai eu l'honneur et le plaisir de présider. Si les idées ne manquent pas, elles peinent à être appliquées. Il manque manifestement une instance de coordination nationale qui serait chargée d'assurer la dynamique et la cohérence de la gouvernance en matière de Santé Environnement. Lors de sa création, il faudrait la doter d'une organisation structurée avec des objectifs clairs et quantifiés, et des moyens humains et financiers à la hauteur des enjeux. Au niveau territorial, la collaboration entre acteurs territoriaux est, là aussi, inégale. Pour en accroître l'efficacité, les actions régionales nécessiteraient une gouvernance clarifiée sur le partage des compétences et le portage des projets liés aux sujets considérés.

Les avancées des plans nationaux Santé Environnement

La quatrième version du plan national Santé Environnement (PNSE4), qui tient compte du travail des membres du groupe Santé Environnement, des recommandations des inspections générales des deux ministères chargés de ces questions et de celles formulées dans ce cadre par le Haut Conseil de la santé publique, a été présentée en mai 2021. Ce plan présente des objectifs quantifiés, des indicateurs d'évaluation et des moyens supplémentaires, qui ont été ajoutés à la mouture initiale du texte.

Pour répondre aux enjeux de la santé environnementale, l'État prévoit à travers ce PNSE4 de :

- mettre à la disposition de chacun de nous un service numérique public pour connaître la qualité de son environnement immédiat (qualité de l'air extérieur, risque allergique aux pollens, etc.), ainsi que les bons gestes à adopter pour faire face à une dégradation de celle-ci ;
- permettre à chacun de nous d'identifier les différentes substances chimiques dangereuses présentes dans les produits du quotidien, et ce *via* une application sur *smartphone* pour nous permettre d'accéder à la composition en toute transparence des produits et de faire en tant que consommateurs des choix éclairés ;
- améliorer la lisibilité de l'étiquetage des produits ménagers pour réduire les risques liés à leur utilisation, par exemple avec un étiquetage de type toxicode. Ces produits font aujourd'hui l'objet d'un étiquetage complexe qui ne permet pas d'avoir, en un coup d'œil, une idée du risque lié à leur utilisation ;
- mieux informer les propriétaires d'animaux, en partenariat avec la profession vétérinaire, sur les risques associés à l'utilisation des produits biocides pour les animaux de compagnie ;
- éviter les « phénomènes de mousse » parfois observés sur les plages françaises et liés à une pollution des eaux par des molécules de détergents pétrochimiques, et ce en privilégiant l'usage de détergents plus favorables pour l'environnement et la santé ;
- dédier une enveloppe de 90 millions d'euros au financement de programmes de recherche scientifique sur les facteurs environnementaux qui, tout au long de notre vie, ont un impact sur notre santé (concept d'« exposome ») et sur les pathogènes émergents, notamment ceux qui se propagent de l'animal à l'homme ;
- d'interdire les lumières bleues les plus dangereuses émises par les jouets des enfants, en application des recommandations de l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) ;
- développer un espace commun de partage des données environnementales en *open data* pour alimenter la recherche et l'expertise indépendante et permettre des liens avec des données de santé ;
- renforcer la surveillance de la santé animale dans le contexte de la crise sanitaire pour prévenir le développement des maladies infectieuses d'origine animale.

Dans ce PNSE4, sont également inscrites des mesures de formation à la Santé Environnement à destination des professionnels de santé et la mise en place d'un groupe de concertation relatif à la gouvernance territoriale, en collaboration avec les associations d'élus.

Ce document affiche une volonté de mettre en place une politique cohérente et coordonnée entre les différents plans sectoriels, qui fonctionnent actuellement en silo. Ce PNSE4 est loin d'être parfait, même s'il contient

de très belles avancées par rapport aux plans précédents. Le problème de la gouvernance nationale n'est toujours pas résolu, ni celui, pourtant fondamental, de la révision des procédures d'autorisation de mise sur le marché des produits potentiellement nuisibles pour la santé. Il apparaît tout aussi nécessaire de remettre en question la toxicologie réglementaire, laquelle est devenue totalement inadaptée aux récentes connaissances scientifiques, notamment celles relatives à l'impact des perturbateurs endocriniens sur les organismes humains. Autant de sujets qui ont été abordés au cours des auditions de la commission d'enquête et qui ne trouvent pas de réponse dans ce PNSE4. Un travail complémentaire de réflexion et de négociation devra se poursuivre en dehors du cadre officiel de ce plan.

Promouvoir l'approche « Une seule santé »

Il apparaît évident aujourd'hui que les gouvernements devront se montrer proactifs pour pouvoir prévenir d'autres pandémies et répondre à l'inquiétude de la population et à sa légitime exigence de protection pré-

ventive. Dans cette perspective, ils seront amenés à prendre en compte les liens inextricables entre santé humaine, santé animale et bon état des écosystèmes, liens qui constituent le cœur même de l'approche « Une seule santé ». Mais cette approche va bien au-delà de la sphère politique ; intégrant les dimensions sociale, culturelle, économique et éthique de la santé, elle concerne aussi tous les acteurs politiques, administratifs, associatifs et professionnels du domaine considéré. Elle implique de faire travailler ensemble médecins, vétérinaires, biologistes, écologues, ingénieurs, décideurs publics, urbanistes, architectes et institutions de santé publique. Je formule ici le vœu que nous arrivions à construire des ponts entre toutes ces disciplines afin de réfléchir et d'agir dans une perspective globale, commune et partagée de tous. Il en va à terme de la survie du vivant sur cette planète.

First lessons from the health crisis

Introduction

Jean-Luc Laurent, Honorary Engineer General of Mines, and **Xavier Guchet**, University of Technology of Compiègne

Biological and medical aspects

Introductory remarks

Jean-Luc Laurent, Honorary Engineer General of Mines

Vaccine development: a “before” and an “after” Covid?

Bruno Donini, Head of Public Policy for Sanofi

Vaccines against Covid have been developed within a year. How did we manage to make it happen so fast? How are vaccines usually developed? Developing a vaccine is a long, complex and expensive road, which is regulated by many European and national texts and governed by a set of good practices. This cautious approach is a guarantee of their good tolerance and their effectiveness. Now, it is necessary to rationalize the administrative and regulatory requirements, in order to make vaccines accessible to the population as soon as possible.

Covid-19 pandemic: contribution of metrology to the evaluation of the filtration efficiency of protective masks

François Gaie-Levrel, **Alexandre Bescond**, **Axel Fouqueau**, **Tatiana Macé** and **Sophie Vaslin-Reimann**, Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE), Paris

In 2020, the scientific community and the World Health Organization confirmed the risk of airborne transmission of the Sars-CoV-2 coronavirus. Due to the worldwide shortage of masks, several countries have introduced new types of protection. In this context, the European Commission has identified the urgent need to harmonize the requirements in this area, particularly in terms of filtration performance and comfort associated with the wearing of masks. An Afnor guide and a European CEN guide were then drawn up, and in response to requests from the French authorities during the first containment in 2020, LNE was mobilized to address the key question of the effectiveness of protective masks, drawing on its expertise in aerosol metrology. To this end, an experimental platform was developed in record time to assess the filtration efficiency of different types of protective masks. Since the beginning of the crisis, this new test facility has made it possible to

support public authorities, manufacturers and importers in the qualification of FFP2, surgical, barrier and consumer masks. In this article, we present the experimental bench developed by LNE to measure the filtration efficiency of barrier and consumer masks, as well as the inter-laboratory comparisons organized in this context. In terms of perspectives, we also present the axes of improvement of the normative context associated with each type of mask.

Covid-19 crisis: health care professionals in pain

Alicia Fournier and **Héloïse Haliday**, Laboratory of psychology (Psy-DREPI) of the University of Bourgogne Franche-Comté, Dijon, **Christine Binquet**, Inserm CIC 1432, CHU Dijon-Bourgogne of the UFR of Health Sciences, **Jean-Pierre Quenot**, Intensive care medicine department of the Dijon-Bourgogne University Hospital, France – Lipness team of the INSERM UMR1231 research center and LabEx LipSTIC of the University of Bourgogne Franche-Comté, Dijon, and **Alexandra Laurent**, Laboratory of psychology (Psy-DREPI) of the University of Burgundy Franche-Comté, Dijon, Department of anesthesia and surgical resuscitation of the University Hospital of Dijon-Bourgogne

Since 2019, Covid-19 has rapidly spread worldwide, generating a pandemic. Healthcare organizations have been massively engaged in dealing with the large influx of patients. Most studies that considered the psychological impact of this crisis in health establishments focused on front-line professionals. However, recent literature showed that all professionals in healthcare organizations have been affected by the different stressors associated with this situation. Our research provides an update on the affective experience of these workers in French healthcare organizations during the first months of the COVID-19 crisis. Specifically, from a qualitative approach, we identified the common and specific stressors among the main stakeholders of such organizations.

Chemosensory disorders caused by Covid-19:

long-term effects and a possible solution

Coline Zigrand, **Sarah Brosse**, **Nouhaila Bouguiyouid**, **Simon Bérubé**, **Nicholas Bussière** and **Johannes Frasnelli**, Department of Anatomy, University of Quebec at Trois-Rivières (Canada)

Symptoms of Covid-19 such as cough, fever and shortness of breath usually resolve within a few days of infection. A recent study from our Chemosensory Neuroanatomy research laboratory (Quebec, Canada) investigated the long-term effects of Covid-19 on the chemical senses (smell, taste and trigeminal system).

Our results highlight that approximately one year after being infected with Covid-19, participants report suffering from chemosensory disorders.

Evolution of health crisis management in the post-Covid-19 era

Dr Clément Lazarus and **Pr Jérôme Salomon**, Directorate General of Health, Ministry of Health and Prevention

The frequency of major crises with a health impact is increasing, and their complexity and intensity are growing. The crisis linked to the Covid-19 pandemic was particularly exceptional in its severity and duration. While the management of uncertainty was a major challenge at the beginning of the crisis, the solutions provided afterwards called for multiple technological and organizational innovations. The major challenge of the post-crisis period will be to ensure the transmission of the knowledge and know-how acquired during the crisis through the establishment of a genuine institutional culture of crisis preparedness.

Digital aspects

Introductory remarks

Jean-Luc Laurent, Honorary Engineer General of Mines

Misinformation and health behaviors in the context of the Covid-19 pandemic

Edmond Baranes, **Marlène Guillon** and **Pauline Kergall**, Montpellier Research in Economics (MRE), University of Montpellier

The development of the Internet and social networks has made information dissemination easier but has also contributed to the polarization of online communities, thus encouraging the spread of conspiracy theories. In particular, the Covid-19 crisis has led to an "infodemia", i.e. an overabundance of information that makes difficult the identification of reliable information. During the pandemic, the circulation of false information sometimes led to serious health consequences and several studies have highlighted a negative association between conspiracy beliefs and adherence to Covid-19 preventive behaviors (social distancing, vaccination, etc.). The fight against misinformation appears crucial, especially during a pandemic. It requires the public regulator to work in collaboration with digital platforms and social media, given the financial stakes for the latter, in order to find sustainable solutions to limit the circulation of false information.

Measurement, estimation and representations of the Covid-19

Éric Guichard, Senior lecturer at the University of Lyon and researcher at the Triangle laboratory of the ENS of Lyon and the CNRS, and at the IXXI, and **Patrice Abry**, Director of research at the CNRS and researcher at the physics laboratory of the ENS of Lyon and the IXXI

Like many researchers, we engaged our scientific skills at the service of the fight against Covid-19. Starting in February 2020, we produced daily graphs to compare the evolution of the pandemic in different countries, and federated a scientific network that developed and documented relevant analyses.

Then, we designed an estimation for a dialy assessment of the reproduction rate of the pandemic, using only the number of daily infections of each territory, and this both for all countries of the world independently, and for the French departments jointly. As the quality of these data remains limited, we focused on estimating realistic counts, using "inverse problem" type methods. Though aiming for daily estimation only, the proposed tool also permits a short-term trend assessment (now-casting, rather than forecasting).

Finally, to better analyze the spatial and temporal evolution of the pandemic, we achieved animated and interactive maps, integrating the production of graphs allowing comparison between two countries. We conclude with some epistemological guidelines.

Covid-19 crisis, democracy and collective intelligence

Benoît Duchemann, SPHere Laboratory, UMR7219 of the University of Paris

The Covid-19 pandemic, which has been raging since the beginning of 2020, has been a real challenge for both national and international health organizations. Faced with the rapid spread of the virus, these organizations have been forced to adopt a crisis management approach that requires the development and implementation of innovative health responses.

Beyond the very nature of the inventions thus implemented, there was a specific articulation of the intervention of different scientific, industrial and political infrastructures, making their emergence possible and, in fine, the management and control of the crisis. In this particular temporality, the political decision was explicitly based on an official discourse of scientific legitimization. Nevertheless, it also constituted a process of confiscation of the public sphere, implicitly freeing itself from the democratic deliberation and transparency that are nevertheless necessary, finally casting doubt on the modalities of the articulation between industry and politics and on its objectivity, and a veil over its possible biases.

In April and May 2021, in parallel with public action, a collaboration between the MIT Center for Collective Intelligence (MCI), the Community Biotechnology Initiative at MIT Media Lab and the pharmaceutical company Merck, made it possible to launch an expe-

riment in collective intelligence with more than 200 experts in science, public health and public policy in order to respond to the health challenges that had emerged during the pandemic, in particular that of the info-epidemic, which gave rise to a real crisis of legitimacy in public health governance.

If this innovative project proposes a hybrid process for optimizing public decision-making, the conditions for its claim to truth seem exaggerated. In addition to the epistemic opacity in which the recommendations are formulated, the lack of transparency of the motivations and rationality of the actions undertaken hinders this managerial technique in its capacity to fight against an infodemia and to re-establish an explicit balance between democratic principles of justice and the efficiency of public governance.

Interest and limits of modeling in epidemic management

Laura Temime, Professor, MESuRS Laboratory, Conservatoire national des Arts et Métiers

Mathematical models are very useful for understanding and managing epidemic risk, as illustrated by their use during the Covid-19 pandemic. Used for more than a century, they allow, by proposing a simplification of reality informed by data, to explore a wide range of hypothetical scenarios. However, their proper use to help public health decision making requires interaction with the actors in the field, taking into account uncertainties and a communication effort.

Artificial intelligence and Covid-19, or the limits of "technological solutionism"

Nicolas Brault, Teacher-researcher in history and philosophy of science, Interact UP 2018.C102, Institut polytechnique UniLaSalle

Since the beginning of the Covid-19 pandemic, the use of artificial intelligence and big data appeared to many scientists and policy makers around the world as the ultimate solution to manage the pandemic and its consequences. However, after more than two years and some fifteen million deaths, artificial intelligence has not kept its promises. In fact, it could not keep its promises for two reasons: first, because of problems related to the validity of the data and their algorithmic processing, and the risk of bias inherent to big data; second, because the epidemiological paradigm of the pandemic is not the right one, and it should be preferred to that of the "syndemic", as the pandemic reflects economic and social inequalities while aggravating them. Thus, neither a purely biomedical nor a purely technological solution can work: a biosocial approach must be adopted that can enable societies to live with the virus, while protecting the most vulnerable populations.

Organization and monitoring of hospital capacities in times of crisis

Thierry Garaix, Camille Breen, Mohamed El Habib Messabis and Raksmei Phan, École des Mines de Saint-Étienne

This scientific work proposes a decision support tool to accompany the strategic management of hospital capacity in a crisis situation similar to that of Covid-19. This pandemic has highlighted the lack of preparation of health systems worldwide, including the French health system. By following the projections of the evolution of the pandemic throughout a determined temporal horizon, we propose a policy of activation and dynamic deactivation of the exceptional resources released by the health care institutions to take care of the massive flow of patients generated by the crisis. Defining a management policy seems inescapable to avoid any overheating of the system and a too long pause in medical activities not related to the current health crisis, as hospital organizations need to plan in advance their important capacity deployments. This work is based on epidemiological forecasts and has taken into account the level of confidence given to these forecasts. We have focused our study on open intensive care beds, which require the mobilization of a whole series of resources to be aligned with available capacities.

Mentalities and ideas

Introductory remarks

Xavier Guchet, University of Technology of Compiègne

The Covid-19 and its psychological impacts

Alexis Vancappel, Eline Jansen and Wissam El-Hage, University psychiatric clinic of the CHRU of Tours

This article describes the psychological impact of the Covid-19 pandemic in the general population and with a particular focus on children, adolescents, students, health professionals and patients with psychiatric disease. This psychological impact is manifested by an increase in the affective symptoms and suicidal ideations.

What do public misgivings about Covid-19 vaccines tell us about ordinary relationships to science?

Jeremy K. Ward, Research fellow at INSERM (CERMES3) and member of the technical commission on vaccinations at the French National Authority for Health

In France, the Covid-19 epidemic occurred after a decade of debate about vaccines. Numerous studies have shown that reluctance to use vaccines is particularly widespread in our country. This reluctance is not only a public health issue, but has also been at the heart of recent debates about the evolution of ordinary relationships with science. In this article, we present the

state of knowledge about the reticence towards vaccination against Covid-19. What do they tell us about ordinary relations to science? We will see that they lead us to distance ourselves from certain current commonplaces concerning mistrust of science.

The Covid-19 Scientific Advisory Board: an epistemological approach

Stéphane Tirard, François Viète Center of Epistemology and History of Science and Technology of the University of Nantes

The Covid-19 scientific council was established on March 10, 2020 to provide "the government with the latest scientific information to assist it in its decisions".

In the advices and notes produced by this council, the methods of argumentation and administration of evidence show specificities that call for an analysis. They seem to be adapted to the conditions of their elaboration and to the destination of these texts, and it appears that two levels of evidence are simultaneously mobilized. The first is constituted by evidence drawn from the scientific literature and from reports, and is directly based on scientific data. The second, more rhetorical, is the organization and formulation of a justification discourse designed to prove the accuracy and coherence of the council's own words. This article proposes to highlight the epistemological tensions generated by this double necessity.

France's strategic autonomy in the field of medicines depends on Europe

Philippe Lamoureux, Director General of Leem

Whereas it was often ignored before the Covid crisis, "health sovereignty" is now a widely popularized concept, which was even at the heart of public debates during the 2022 French presidential campaign. This recent awareness is salutary after years of economic regulation of the drug industry in France, which led pharmaceutical companies to relocate. Now, one strategic autonomy is vital, but the details have yet to be defined. Can France really achieve on its own a complete autonomy in terms of medicines?

Epidemiological surveillance as a risk governance tool: the case of Covid-19

Saliha Hadna, Lecturer in Information and Communication Sciences (CERTOP Laboratory – UMR 5044 – Toulouse II & III, Paul Sabatier University, Jean Jaurès University, CNRS)

In France, for the past two years, the media have been constantly broadcasting figures of contaminations and deaths related to Covid-19, producing a paradoxical effect by creating fear, while at the same time making these dramas singular. Epidemiological surveillance was set up by Santé publique France (SPF), starting in March 2020. The governmental measures that were based on these figures have been the subject of much criticism, and even distrust. The urgency has

placed a major problem in the background: the evolution of chronic diseases, particularly cancer. Yet, some cancers, such as pancreatic cancer, have had an increasing incidence rate between 2010 and 2018, with cancer remaining the leading cause of death in France.

In this article, we will first focus on the SPF epidemiological surveillance system. We will then analyze how experts were mobilized during this health crisis. Finally, we will show that this crisis management was built on a short-termist approach, insofar as the deprogramming of operations deemed "non-urgent" to give priority to Covid-19 care over cancer-related care did not make it possible to anticipate the next wave of excess cancer mortality, despite the fact that several medical studies had predicted it.

Access to water in times of sanitary crisis: the public service tested by Covid-19 in Guyana

Priscilla Thébaux and **Damien Davy**, Ecology, evolution and interactions of Amazonian systems laboratory (CNRS-University of Guyana-IFREMER), and **Agathe Euzen**, CNRS (LATTS) and CNRS Institute of Ecology and Environment

To allow the inhabitants of informal settlements to respect the barrier gestures, the Guyanese public authorities have set up a free access to drinking water system. In a context of chronic lack of access to this essential resource, we question the multiple issues to which this system responds and its impact on the construction of public services in Guyana. Our exploratory survey was conducted in 2020 with residents and actors in charge of the service in question. We show how, in this context of emergency, the "classic" actors of public service played a secondary role, leaving room for new actors. Also, the implementation of the system takes a singular form depending on technical and political choices. In its uses, it also responds to practical and symbolic issues. If the starting point for its installation is the fight against the spread of the virus, it must now be integrated into the logic of the public drinking water service.

Covid-19 and new economic regulation mechanisms

Olivia Chevalier, Doctor of Philosophy and teaches at the ITM-BS, the École des Ponts and Sciences Po Saint-Germain-en-Laye

In this article, we will discuss various aspects of the health crisis from an economic perspective. First, in a context of radical uncertainty that cannot be reduced to probabilistic risks, this specific crisis has given rise to strong public investment in all areas, giving rise to a new regalian function, in the words of Nobel Prize winner Edmund Phelps, of "systemic insurer".

Since the health crisis has mobilized health data, we will focus on the digitization of the French health sector, whose flaws, long pointed out by professionals, unions and associations, have been highlighted once again by

the pandemic (in particular, the sector's relative delay in the massive integration of AI).

The result is difficulties relating to what is, de facto, an extension of state power into the economic domain, and therefore into civil society, and to the methods of financing the State-insurer, one of the most obvious and worrying effects of which is the inflationary trap.

Coping with the death of a loved one during a pandemic

Chantal Verdon and **Josée Grenier**, Université du Québec en Outaouais, **Jacques Cherblanc**, **Chantale Simard**, **Christiane Bergeron-Leclerc** and **Danielle Maltais**, University of Quebec at Chicoutimi, **Emmanuelle Zech**, UCLouvain, Belgium, and **Susan Cadell**, Renison University College (affiliated with the University of Waterloo)

The pandemic raises many questions related to the phenomenon of mourning, in which the circumstances surrounding the passing of a loved one are an extremely important. This context exposes us to new sources of knowledge that allow us to better understand the importance of the events surrounding the passing of a loved one. A Quebec study looked at people's experience who have lost a loved one during the pandemic. Based on qualitative data, three themes emerge: 1) time, 2) meaning given and 3) caregivers. The study provides evidence on what can influence the trajectories of dying and mourning. From these chaotic and unpredictable circumstances, bereaved people find meaning when they can take concrete actions; bid farewell; see the deceased one last time; perform meaningful rituals and receive compassionate kind-heartedness.

Learning from the Covid-19 crisis to better manage future ones

Sylvie Znaty, Professor, Chair of Occupational and Environmental Risk Prevention and Laboratory of Modeling and Monitoring of Health Risks (MESuRS), CNAM Paris, and **William Dab**, Professor Emeritus of Cnam (MESuRS) and Associate Professor at the Institut catholique de Paris

The Covid-19 pandemic provoked a global crisis that foreshadows the systemic risk situations to come. The management of this crisis had strengths and

weaknesses that can be used to better prepare for future crises and to limit their impacts. This article discusses the scientific, decision-making, organizational and operational elements that should be taken into account.

The social acceptability of health measures: a return to the imperative of public participation

Alice Friser, Professor, Department of Administrative Sciences, Université du Québec en Outaouais, **Marie-Luc Arpin**, Professor, Department of Management and Human Resources Management, School of Management, Université de Sherbrooke, **Corinne Gendron**, Professor, Department of Strategy, Social and Environmental Responsibility, Université du Québec à Montréal, and **Stéphanie Yates**, Professor, Department of Social and Public Communication, Université du Québec à Montréal

While the current of social acceptability has been built in close connection with public participation practices, to the point that many consider them to be consubstantial, it must be noted that social acceptability is often tacit or passive. Thus, the legitimacy of decisions taken unilaterally is little questioned in a crisis context, as illustrated by the management of the Covid-19 pandemic. However, the containment measures have gradually given rise to a democratic malaise, as several observers have pointed out. This raises the following question: to what extent can urgency and recourse to institutional expertise substitute for public participation in legitimizing public decisions? By revisiting the literature on social acceptability in the light of the health crisis, we argue that, despite the fears of some administrations, it is advantageous to open up the debate about health management measures rather than confine the decision to a cénacle of political leaders and institutional experts.

One Health: Considering the links between human health, animal health and ecosystems

Élisabeth Toutut-Picard, Psychosociologist

Belonging to the family of zoonoses, the Covid-19 pandemic raises questions about the interactions between human health, wildlife and the environment.

Issue Editors:

Jean-Luc Laurent and **Xavier Guchet**

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

Environnement : Face à la longue urgence

Introduction :

La longue urgence environnementale : un nouvel état pour l'humanité

Dominique DRON et Patricia CORRÈZE-LÉNÉE

La bataille des confrontations à la longue urgence

Se confronter aux limites : les batailles de la longue urgence
Alice CANABATE

Forêt mixte ou forêt accélérée, deux visions de la gestion forestière face au dérèglement climatique...
Pascal YVON et Franck JACOBÉE

Les limites d'une approche technique de la confrontation : analyse de la géo-ingénierie

Ilarion PAVEL

Les imaginaires des Français par rapport aux différentes visions de la longue urgence
Philippe MOATI

La résilience : une technologie du consentement ?

Thierry RIBAUT

Métaphysiques et imaginaires de la longue urgence comme aides à penser le présent et le futur

Les discours de fin du monde dans l'histoire

Pierre COUVEINHES

Les visions religieuses de l'écologie

François EUVÉ

« Ce ne sera pas un bang, mais un long gémissement »

Brèves réflexions sur une catastrophe au ralenti

Jean-Pierre DUPUY

Hollywood et la crise bioclimatique : de *Soleil vert* à *Dune*

Jean-Michel VALANTIN

Les modèles de société dans les visions de la longue urgence

La biorégion en Île-de-France : une société écologique post-rupture

Loïs MALLET et Benoît THÉVARD

Washington, le Pentagone et le changement climatique : culture politique et militaire et pratiques stratégiques

Jean-Michel VALANTIN

Récits et responsabilités : délibérer des preuves de futurs souhaitables

Bernard REBER

Jugements et institutions en France et aux États-Unis :

y aura-t-il demain un droit de la longue urgence ?

Corinne LEPAGE

La longue urgence sur les territoires aujourd'hui

Quelques acteurs de la longue urgence

L'assurance au défi de la « longue urgence »

Jean-Louis BANCEL et Roland NUSSBAUM

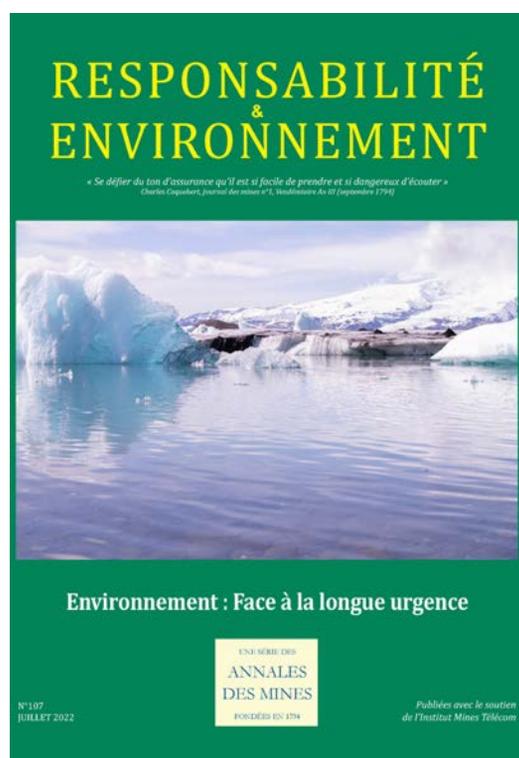
La Red Team Défense : quand la science-fiction permet aux armées françaises d'explorer le futur

Marie ROUSSIÉ, Cédric DENIS-RÉMIS et Jean-Baptiste COLAS

Feux de forêt et réchauffement climatique : la Sécurité civile face aux « méga-feux »
Lieutenant-colonel Luc MAHLER

Les Pays-Bas face à la montée des eaux : quelle stratégie pour le long terme et comment répondre aux différents enjeux ?

Robert SLOMP et Yann FRIOCOURT



Juillet 2022

Y a-t-il un apprentissage des catastrophes pour la longue urgence ?

Le(s) temps des catastrophes nucléaires

Franck GUARNIERI et Aurélien PORTELLI

HORS DOSSIER

Adapter les villes : Paris à l'épreuve du dérèglement climatique

(article se rattachant au n°106 de *Responsabilité & Environnement*, Avril 2022, « Adaptation au changement climatique »)

Celia BLAUDEL

Le dossier a été coordonné par Dominique DRON et Patricia CORRÈZE-LÉNÉE

Ce numéro peut être consulté et téléchargé gratuitement sur notre site

<http://www.anales.org>

Ont contribué à ce numéro

Patrice ABRY, après une agrégation en sciences physiques obtenue en 1989, a soutenu, en 1994, une thèse en traitement du signal à L'ENS de Lyon. Au CNRS depuis 1995, il est aujourd'hui directeur de recherche et dirige depuis 2020 l'Institut rhônalpin des systèmes complexes (IXXI).

Il a reçu le prix AFCET-MESR-CNRS pour la meilleure thèse en traitement du signal au titre des années 1993-1994. Il a été élu IEEE Fellow en 2012. Il a également reçu en 2020 le Prix Monpetit-INRIA décerné par l'Académie des sciences.

Il est l'auteur d'un livre en français dédié à l'analyse en ondelettes et ses applications et a dirigé l'édition de deux volumes en langue anglaise : *Scaling, Fractals and Wavelets* (ISTE).

Patrice Abry s'intéresse à l'analyse et à la modélisation des phénomènes d'invariance d'échelle (fractal). Au-delà de développements et de contributions théoriques et méthodologiques, il s'intéresse aussi aux applications dans le monde réel : écoulements hydrodynamiques, trafic Internet, variabilité cardiaque, neurosciences, systèmes de vélo-partage, analyse d'œuvres d'art et, plus récemment, mesure de l'intensité des pandémies et cartographie de celles-ci.



D.R

Marie-Luc ARPIN a suivi une formation à la fois d'ingénieure et de chercheuse en sciences sociales. Elle se spécialise ensuite en études sociales de l'ingénierie et des technologies et dans la théorisation des paradoxes organisationnels et sociaux à partir d'un ancrage dominant en épistémologie appliquée de la modélisation environnementale.

Titulaire d'un Doctorat en administration des affaires de l'École des sciences de la gestion de l'UQAM, elle intervient depuis août 2020 comme professeure de management à l'École de gestion de l'Université de Sherbrooke. Ses travaux de recherche portent notamment sur la reconnaissance précoce des dynamiques paradoxales associées à la prise de décisions collectives et au *design* de politiques publiques.

Edmond BARANES est professeur d'économie à l'Université de Montpellier. Ses principaux thèmes de recherche sont l'économie industrielle, la politique de la concurrence et la réglementation s'appliquant en la matière. Ses travaux s'intéressent en particulier aux marchés de l'économie numérique, de l'énergie et de la santé.



D.R

Christiane BERGERON-LECLERC, Ph. D., Docteure en service social, est professeure à l'Unité d'enseignement en travail social de l'Université du Québec à Chicoutimi. Travailleur sociale de formation, elle a œuvré au sein d'un hôpital psychiatrique, faisant de la « santé mentale » son champ de prédilection. Dans la

continuité de son parcours clinique, elle s'intéresse en tant que chercheuse aux pratiques psychosociales (ou complémentaires à l'intervention) qui s'inscrivent en soutien au processus de rétablissement des personnes ayant des problèmes de santé mentale ou des troubles mentaux diagnostiqués.

Simon BÉRUBÉ : voir la biographie Pr Johannes FRASNELLI.



D.R

Alexandre BESCOND est diplômé de l'École supérieure d'ingénieur en génie électrique (ESIGELEC) depuis 2011. Il a obtenu un Doctorat en physique énergétique pour la métrologie des aérosols nanométriques en 2015 au sein du laboratoire CORIA. Il a été chef de projet R&D chez ENVEA SA et spécialiste de la métrologie des gaz et aérosols chez LIEBHERR Machines Bulle SA.

Depuis 2019, il est ingénieur-chercheur au sein du Laboratoire national de métrologie et d'essais – Département de la métrologie des gaz et des aérosols. Il s'intéresse plus particulièrement aux micro-capteurs utilisés pour la surveillance de la qualité de l'air, et ce grâce à un banc de référence instrumenté.

Christine BINQUET est professeur des universités et praticien hospitalier. Médecin de santé publique et épidémiologiste, elle est chercheuse au sein de l'équipe « Épidémiologie et recherche clinique en cancérologie digestive » de l'UMR 1231 Lipides, Nutrition Cancer (Inserm-Université de Bourgogne). Elle dirige le centre d'investigation clinique de Dijon (Inserm CIC1432, CHU Dijon-Bourgogne), une équipe intégrée au LabEx LipSTIC (ANR-11-LABX-0021-01-LipSTIC Labex). Elle est également très impliquée dans l'animation du pôle fédératif de recherche et formation en santé publique de Bourgogne Franche-Comté de l'Université de Bourgogne Franche-Comté. Ses recherches visent à comprendre les logiques de choix des patients et professionnels par rapport aux prises en charge qui leur sont proposées, et à appréhender la réalité des parcours de soins, de leurs déterminants dans un contexte d'inégalités sociale et territoriale de santé et de leurs impacts sur la vie quotidienne des patients et de leurs proches dans l'objectif d'identifier les leviers d'amélioration et d'en tester la pertinence. Ses recherches portent également sur les méthodes les plus adaptées pour l'analyse de données longitudinales. Elle s'appuie sur ses recherches pour alimenter ses enseignements en épidémiologie au sein du Master de santé publique porté par l'Université de Lorraine, un master dont elle assure la responsabilité pour l'Université de Bourgogne.

Nouhaila BOUGUIYOD : voir la biographie Pr Johannes FRASNELLI.



Nicolas BRAULT est Docteur en épistémologie et histoire des sciences et des techniques de l'Université Paris Cité. Sa thèse, réalisée au sein du Laboratoire SPHere (UMR7219), portait sur l'histoire et l'épistémologie de l'épidémiologie moderne, et plus spécifiquement sur le concept de biais. Il est aujourd'hui enseignant-chercheur en histoire et philosophie

D.R

des sciences à l'Institut polytechnique UniLaSalle, où il enseigne l'épistémologie ainsi que l'éthique. Au sein de l'unité INTERACT (UP 2018.C102) d'UniLaSalle, il conduit des recherches sur l'histoire et l'épistémologie de l'agronomie, et plus spécifiquement de la sélection variétale, où s'entrecroisent les technologies modernes, allant de l'édition génomique à l'intelligence artificielle. Il est aussi l'auteur d'ouvrages collectifs et d'articles portant sur les enjeux éthiques et épistémologiques de la relation entre l'intelligence artificielle et la médecine.



Camille BREEN est doctorante en troisième année au centre Ingénieur et santé de Mines Saint-Étienne. Après l'obtention d'un double diplôme d'ingénierie en mathématiques et informatique dans le cadre d'un cursus se déroulant entre l'École polytechnique de l'Université de Tours et l'Université du Québec à Chicoutimi, elle réalise une thèse en co-direction avec l'hôpital de Chalon-sur-Saône portant sur l'optimisation

D.R

des parcours patients sur un territoire de santé, l'aide à la prise de décision pour répondre à des problèmes d'établissement de plannings de capacité en période de crise, la définition et la modélisation de la notion de l'élasticité d'un système hospitalier.

Sarah BROSSE : voir la biographie Pr Johannes FRASNELLI.

Nicholas BUSSIÈRE : voir la biographie Pr Johannes FRASNELLI.



Susan CADELL, PhD, RSW, est chercheuse en matière de travail social et professeure à l'École de travail social du Renison University College, une école qui est affiliée à l'Université de Waterloo. Les recherches de Susan Cadell portent sur la mort et le deuil, en particulier la croissance post-traumatique. Ses projets les plus récents concernent le deuil pendant la pandémie de

D.R

Covid-19, après qu'elle s'est intéressée à l'aide médicale à mourir (AMM) et à savoir comment les tatouages peuvent contribuer à la guérison ou à l'épanouissement des personnes qui les portent.

Jacques CHERBLANC est Docteur en science politique (Institut d'études politiques de Bordeaux (France)) et



D.R

Docteur en sciences des religions (Université du Québec à Montréal/Concordia University/Université Laval). Il est également diplômé en histoire (maîtrise et diplôme d'études approfondies) de l'Université Jean Moulin – Lyon 3. Il est professeur agrégé au Département des sciences humaines et sociales et directeur de l'Unité d'enseignement en études religieuses, en éthique et en philosophie de l'Université du Québec, à Chicoutimi. Il dirige le Laboratoire d'expertise et de recherche en anthropologie rituelle et symbolique (LERARS) et travaille sur les enjeux éthiques de l'intégration des approches spirituelles en santé et services sociaux, ainsi qu'en matière d'éducation. Il mène actuellement un important projet de recherche visant à étudier les trajectoires de deuil en temps de pandémie (COVIDEUIL), un projet financé par les Instituts de recherche en santé du Canada, et collabore à d'autres études, portant notamment sur la santé mentale des étudiants ainsi que sur les approches orientées vers la mise en sens en matière d'oncopédiatrie.

Il a récemment codirigé deux ouvrages : *La Covid-19 : un fait social total. Perspectives historiques, politiques, sociales et humaines*, publié aux Éditions du GRIR, et *Quand le deuil se complique. Variété des manifestations et modes de gestion des complications du deuil*, paru aux Presses de l'Université du Québec.



D.R

Olivia CHEVALIER est Docteur en philosophie. Elle enseigne en classes préparatoires ECE-ECS à Intégrale, et les SH à l'IMT-BS, à l'École des Ponts et à Sciences Po Saint-Germain-en-Laye. Elle est membre du comité de rédaction du *Journal des économistes et des études humaines* publié chez De Gruyter.



D.R

William DAB, ancien directeur général de la Santé (2003-2005), est professeur émérite du Cnam et professeur associé à l'Institut catholique de Paris. Médecin, ancien interne des Hôpitaux de Paris et Docteur ès sciences (épidémiologie), ses travaux ont concerné la surveillance épidémiologique, l'évaluation des risques et des actions de prévention, notamment dans les domaines de l'environnement et du travail.

Il a été membre élu du comité exécutif de l'OMS et président du Comité européen Environnement et santé de l'OMS pour la région Europe (53 pays membres).

Il est l'auteur de six livres et d'une centaine de publications scientifiques.

Il est expert près de la cour d'appel de Paris.

Damien DAVY est anthropologue et ethnoécologue, ingénieur de recherche au CNRS, rattaché au Laboratoire Écologie, évolution et interactions des systèmes



D.R

amazoniens (CNRS-Université de Guyane-IFREMER). Il dirige l'Observatoire Hommes/Milieus Oyapock depuis 2014. Ses travaux portent globalement sur l'étude des interactions hommes/milieus, et plus particulièrement sur les représentations et les usages de leur environnement chez les populations amérindiennes de Guyane.



D.R

Bruno DONINI est responsable des Politiques publiques pour Sanofi.

Entré dans le monde des vaccins en 1999 en intégrant la co-entreprise Sanofi Pasteur MSD, il a occupé différentes fonctions de terrain, en lien avec les réseaux régionaux de prévention, allant du poste de grand compte pour gérer les marchés publics au poste de responsable régional Affaires publiques, fonction où il a notamment contribué à l'arrivée, puis à l'implémentation du vaccin HPV quadrivalent.

Il a rejoint Sanofi Pasteur en janvier 2017 pour prendre en charge les Affaires publiques France. La défense de la vaccination, la lutte contre les *fake news* et la préparation des programmes vaccinaux actuels et futurs ont fait partie de ses responsabilités.

Fin 2021, il a intégré la direction des Affaires gouvernementales de Sanofi pour gérer les politiques publiques en lien avec le système de santé.

Bruno Donini possède une profonde connaissance du domaine des vaccins, de l'organisation de la prévention dans notre système de santé, tant au niveau national que régional, avec un savoir-faire reconnu dans la création de réseaux et l'engagement des parties prenantes.

Représentant Sanofi au comité Vaccins du Leem depuis janvier 2018, il en est le président au titre de l'année 2022.

Chimiste de formation, Bruno Donini est titulaire d'un DU de santé publique de la Faculté de médecine de Nancy.



D.R

Benoît DUCHEMANN est chercheur associé au laboratoire SPHERE de l'Université de Paris. Il est Docteur en histoire et philosophie des sciences et techniques, et est diplômé de l'École centrale de Lyon. Ses travaux ont d'abord porté sur les enjeux épistémologiques, socio-culturels et sécuritaires de l'implémentation de dispositifs d'aide à la décision dans des systèmes complexes, avant de s'intéresser à la gouvernance opérationnelle de l'intelligence artificielle et des nouvelles technologies, et aux conditions éthiques, épistémologiques et normatives de leur implémentation dans des organisations.

Wissam EL-HAGE est psychiatre au CHRU de Tours et professeur de psychiatrie à l'Université de Tours. Il est responsable du Centre régional de psychotraumatologie Centre-Val-de-Loire et du Centre expert Dépression résistante de Tours – Fondation FondaMental. Il est directeur du Centre d'investigation clinique du CHRU de



D.R

Tours (CIC1415, INSERM), structure dédiée à la promotion de la recherche clinique et translationnelle. Il est directeur assistant de l'équipe Psychiatrie neurofonctionnelle de l'unité INSERM U1253 Imagerie & Cerveau.

Il porte un intérêt particulier à la prise en charge des troubles de stress post-traumatiques, des crises non épileptiques psychogènes et des dépressions résistantes. Il a signé plus de 180 publications internationales et des ouvrages d'intérêt, se rapportant notamment à la prise en charge des troubles de stress post-traumatiques et des crises non épileptiques psychogènes.



D.R

Agathe EUZEN est anthropologue, directrice de recherche au CNRS (LATTS) et directrice adjointe scientifique à l'Institut Écologie et environnement du CNRS. Elle travaille plus particulièrement sur les perceptions et représentations de l'eau et de l'environnement en lien avec les pratiques de la vie quotidienne. Elle s'intéresse aux problématiques liées à l'environnement et au développement durable dans un contexte de changement global et participe à la

valorisation des connaissances scientifiques dans un dialogue sciences-sociétés.



D.R

Alice FRISER est professeure adjointe au département des sciences administratives de l'Université du Québec en Outaouais. Titulaire d'un Ph. D. en administration des affaires et d'une Maîtrise en sciences de l'environnement, elle s'intéresse à la responsabilité sociale des organisations, à la question de l'acceptabilité sociale et aux trajectoires des controverses socio-techniques.

Lauréate du prix de la meilleure thèse de l'Association internationale de management stratégique 2020, elle collabore aujourd'hui avec le Centre de recherche en droit public (Université de Montréal) et le groupe de chercheurs en responsabilité sociale et développement durable (UQAM).



D.R

Axel FOUQUEAU est ingénieur-chercheur au LNE depuis 2020. Il travaille à la fois sur la métrologie des gaz et des aérosols après une thèse obtenue en 2019 portant sur le développement d'une technique de spectroscopie d'absorption associée à une cavité optique afin de mesurer le NO₃ et sur la chimie des composés organiques volatils (COVs) avec ce radical. Aujourd'hui, il contribue aux projets du Laboratoire central de la qualité de l'air.



D.R

Alicia FOURNIER est, depuis 2021, maître de conférences à l'Université de Bourgogne. Elle y enseigne la psychologie sociale du sport et la psychologie du développement. Après avoir obtenu son Doctorat à l'Université Clermont – Auvergne, elle a séjourné au sein des Universités de Besançon (France) et de Louvain-la-Neuve (Belgique).

En adoptant une approche transdisciplinaire (biologique, psychologique et sociale), ses travaux de recherche visent pour une partie à étudier la santé d'individus chroniquement stressés. Elle a notamment participé à l'étude des effets du stress sur la récurrence et/ou la récurrence de symptômes chez des patients souffrant de troubles gastro-intestinaux. En collaboration avec des professionnels issus de différentes disciplines, elle a également participé au développement d'une échelle du stress perçu qui est spécifique aux professionnels de la réanimation (l'échelle PS-ICU) ; elle vient de recevoir un financement de la région Bourgogne Franche-Comté pour lui permettre de continuer ses travaux de recherche. Dans le cadre de la pandémie Covid-19, elle s'est intéressée à l'impact négatif de la crise sanitaire sur la santé mentale des professionnels de la réanimation.

Une autre partie de ses travaux concerne l'étude des interactions entre émotions, personnalité et santé. Elle effectue notamment des recherches sur les effets modérateurs de l'alexithymie et des capacités d'intéroception sur le traitement de l'information émotionnelle et sur la santé mentale des individus.

Le professeur **Johannes FRASNELLI** dirige le laboratoire de recherche en neuroanatomie chimiosensorielle (Québec, Canada). Il est professeur titulaire au sein du département d'anatomie de l'Université du Québec à Trois-Rivières et est chercheur régulier au centre de recherche de l'Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal. Il est reconnu pour son expertise dans le domaine des altérations chimiosensorielles reliées à diverses pathologies, telles que la maladie de Parkinson, la maladie d'Alzheimer et les traumatismes craniocérébraux. Il a également obtenu plusieurs bourses de recherche, notamment la bourse du chercheur junior du fonds de recherche du Québec en santé (2020).

L'équipe du Dr Frasnelli est actuellement constituée de dix étudiants réalisant un doctorat. Parmi eux, figurent notamment Sarah Brosse et Nouhaila Bouguiyoud, doctorantes en sciences biomédicales, et Coline Zigrand, doctorante en neuropsychologie. Sarah Brosse s'intéresse au rôle de la chimiosensation dans la détection précoce de la maladie de Parkinson. Nouhaila Bouguiyoud étudie, quant à elle, l'effet de la cécité congénitale sur la fonction olfactive chez la souris. Coline Zigrand travaille pour sa part sur les altérations olfactives et cognitives suite à un traumatisme crânien. Simon Bérubé et Nicholas Bussière, tous deux étudiants en médecine à l'Université de Montréal, ont réalisé des études sur la Covid-19.

François GAIE-LEVREL possède une formation universitaire de physico-chimiste complétée par une spécialisation de niveau doctoral en pollution atmosphérique. Depuis dix ans, ses activités de recherche au Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE) concernent la caractérisation



D.R

métrique d'aérosols dans les domaines de la combustion, de l'industrie, de la biologie et de la pollution atmosphérique, étant en parallèle membre expert au sein du Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA). En associant le développement instrumental à la mise en place de protocoles de référence, ses projets de recherche ont pour objectif de proposer des méthodes de caractérisation d'aérosols qui soient traçables et fiables. L'ensemble de ces projets de recherche ont permis de réaliser un transfert industriel au travers de nombreuses prestations marchandes associées à ces domaines d'application.

François Gaie-Levrel est également membre de nombreux comités de normalisation placés auprès de l'AFNOR et du CEN, tout en étant membre expert pour l'ANSES dans le cadre de différents groupes de travail et de son comité scientifique du programme de recherche PIREST. Il est également membre du conseil d'administration de l'Association française d'études et de recherches sur les aérosols (Asfera), membre du comité exécutif du club Nanométrie du LNE, ainsi que de différents groupes de travail du Haut Conseil de la santé publique (HCSP).



D.R

Thierry GARAIX est enseignant chercheur à Mines Saint-Étienne depuis 2011. Il effectue ses activités au centre Ingénierie et santé et est membre du LIMOS UMR CNRS 6158.

Son expertise porte essentiellement sur des techniques de recherche opérationnelle pour des applications d'aide à la décision dans le domaine de la santé, avec plusieurs contributions scientifiques et pratiques dans le domaine de la régulation du transport en ambulance, la conception d'emplois du temps médicaux et la planification de rendez-vous, en intégrant des critères de qualité de service et en tenant compte de l'incertitude sur les données.



D.R

Corinne GENDRON est professeure au département de stratégie, responsabilité sociale et environnement de l'École des sciences de la gestion de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), où elle dirige le groupe de recherche Chercheurs en responsabilité sociale et en développement durable (CRSDD). Avocate, MBA et détentrice d'un Ph. D. en

sociologie, elle s'intéresse au développement durable et à la responsabilité sociale. Elle a développé un cadre d'analyse en sociologie économique de l'environnement. Plus récemment, ses recherches ont porté sur l'acceptabilité sociale des grands projets, des technologies et des politiques publiques. Corinne Gendron est Chevalier de la légion d'honneur (2015) et membre de la Société royale du Canada (2019).



D.R

Josée GRENIER est professeure et chercheuse au département de Travail social à l'Université du Québec en Outaouais. Ses recherches portent sur différentes thématiques, dont la relation entre les transformations de l'État, les pratiques d'intervention sociale et l'éthique et la gérontologie.

Xavier GUCHET est professeur de philosophie des techniques à l'Université de technologie de Compiègne et directeur de l'unité de recherche « Connaissance, organisation et systèmes techniques » (UR 2223). Il est l'auteur de plusieurs ouvrages, dont *La Médecine personnalisée. Un essai philosophique* (Les Belles Lettres, 2016) et *Du soin dans la technique. Question philosophique* (ISTE/Wiley, 2021).



© A. REDON

Éric GUICHARD est maître de conférences habilité à diriger des recherches à l'Université de Lyon. Il effectue ses recherches au sein du laboratoire Triangle (Ens de Lyon/Cnrs). Il est membre du comité de direction de l'Institut rhônalpin des systèmes complexes (IXXI).

Ancien élève de l'Ens St-Cloud, il a enseigné à l'Ens de Paris et fut directeur de programme au Collège international de philosophie entre 2010 et 2016.

Il déploie une philosophie concrète qui intègre la matérialité et les techniques. Celle-ci va de la pensée critique du numérique à la façon dont ce « numérique » reconfigure l'épistémologie des sciences sociales. Il analyse la culture numérique en termes de culture de l'écrit contemporain et montre qu'elle est peu répandue.

Il a dirigé l'ouvrage *Écritures : sur les traces de Jack Goody* (Presses de l'Enssib, 2012) et le numéro 10 de la revue *Études digitales* (Garnier, 2022), intitulé « Cartographie et visualisation : regards d'épistémologues et de concepteurs ».

La majorité de ses articles sont publiés sur le site : <http://barthes.enssib.fr>, et sur HAL (<https://hal.archives-ouvertes.fr>).

Outre le numéro 10 de la revue *Études digitales*, ses dernières publications sont :

- « Parler du virtuel aux temps du numérique », in *La technologie une et multiple* (dir. BARBERO O., BEAUNE J.-C. & SALHAB M.), L'Harmattan, 2020, pp. 169-191.
- *Spatial and temporal regularization to estimate COVID-19 reproduction number $R(t)$: Promoting piecewise smoothness via convex optimization*, avec ABRY P., BORGNAT P., FLANDRIN P., GARNIER N., GRIBONVAL R., JENSEN P., LUCAS C.-G., PUSTELNIK N. & ROUX S., *PLOS ONE*, vol. 5, n°8, 2020.
- « Les nouveaux maîtres de l'écriture du monde », in *Contemporary French & Francophone Studies*, vol. « L'ère Google? / The Google Era? » (dir. CÉLESTIN R.), Taylor and Francis, 2019.

Marlène GUILLON est maîtresse de conférences à l'Université de Montpellier et membre de Montpellier Recherche en économie. Son travail de recherche en économie de la santé s'articule autour de trois axes : l'évaluation des politiques de santé, l'efficacité des systèmes de santé dans les pays à revenu faible et intermédiaire et les déterminants des comportements de santé.



D.R

Saliha HADNA est maître de conférences en sciences de l'information et de la communication (Laboratoire CERTOP – UMR 5044 – Toulouse II & III, Université Paul Sabatier, Université Jean Jaurès, CNRS). Au travers d'une approche pragmatique, ses travaux de recherche mobilisent la sociologie de l'expertise et les *Science and Technology Studies* pour étudier l'évolution des

formes de production des connaissances techniques et scientifiques dans des contextes de controverses socio-techniques. L'émergence d'expertises associatives, citoyennes et de contre-expertises dans de nombreux domaines (environnement, santé, industrie...) interroge sur l'évolution des modes de production des savoirs et sur les critères de scientificité des données (métrologie, seuils d'exposition, normes...). En analysant différentes configurations, elle cherche à comprendre comment ces savoirs se confrontent, s'éliminent, voire participent d'une co-construction. En filigrane, émergent des questionnements épistémologiques autour de l'ignorance, de l'expertise et de ses enjeux contemporains dans un contexte de défiance citoyenne accrue vis-à-vis de la science et des institutions en général.

Héloïse HALIDAY est maître de conférences en psychologie clinique et en psychopathologie au laboratoire PsyDREPI (EA 7458) de l'Université de Bourgogne. Après des travaux sur la QVT des professionnels hospitaliers réalisés avec la Fédération hospitalière de France, ses recherches se sont principalement portées sur les liens entre la clinique des institutions et les sciences de gestion et du management pour investiguer le champ hospitalier. Elle travaille actuellement sur les spécificités du vécu des directeurs d'hôpitaux. Elle est par ailleurs membre de la Société médico-psychologique et du Syndicat national des psychologues.

Eline JANSEN est psychologue et travaille notamment à la Clinique psychiatrique universitaire du CHRU de Tours (voir la biographie de Wissam EL-HAGE).



D.R

Pauline KERGALL est doctorante à l'Université de Montpellier depuis octobre 2019 et est membre de Montpellier Recherche en économie. Ses thèmes de recherche portent sur l'économie de la santé et du développement, et plus spécifiquement sur l'évaluation de l'impact des politiques publiques et les questions d'efficacité. Dans le contexte de la Covid-19, elle a également travaillé sur la mesure de facteurs associés aux comportements de santé.



D.R

Philippe LAMOUREUX a obtenu une Maîtrise d'économie (politique et conjoncture économique) et une Maîtrise de droit privé (droit des affaires et fiscalité) à l'Université de Paris I (Panthéon – Sorbonne). Il est sorti de l'ENA, promotion « Liberté, égalité, fraternité », en 1989.

Inspecteur général des affaires sociales, il a été successivement : conseiller technique au cabinet de Bernard Kouchner, ministre de

la Santé et de l'Action humanitaire (1992) ; chargé de mission, puis directeur auprès du directeur général de l'Agence du médicament (1993-1997) ; secrétaire général de l'Agence du médicament (1997-1998) ; conseiller technique au cabinet de Martine Aubry, ministre de l'Emploi et de la Solidarité (1998-2001) ; directeur adjoint de cabinet de Bernard Kouchner, ministre délégué à la Santé (2001-2002) ; et directeur général de l'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (2002-2008).

Il est, depuis le 15 novembre 2008, directeur général du Leem.

Il est également administrateur de l'Association européenne des industriels de la pharmacie et du médicament (EFPIA) et de la Fédération internationale des industriels du médicament (FIIM), vice-président de l'International Federation of Pharmaceutical Manufacturers and Associations (IFPMA) et membre de l'équipe pédagogique du cycle « Gestion et politique de santé » à Sciences Po Paris.



D.R

Alexandra LAURENT est professeur de psychologie clinique et psychopathologie à l'Université de Bourgogne et est psychologue clinicienne en réanimation. Ses recherches s'articulent autour de l'évaluation et la compréhension de l'impact psychologique et psychopathologique de la maladie grave. Elle propose de remettre au cœur des problématiques de soins les relations intersubjectives entre patients, familles et soignants afin de

mieux comprendre l'impact psychologique et traumatique de la maladie, les processus de vulnérabilité et les mécanismes défensifs. L'objectif est également de proposer des outils de prévention et des dispositifs en matière de soin aux soignants, aux patients confrontés à une maladie grave et à leurs proches. La reconnaissance internationale de ses travaux lui a également permis de constituer une équipe de recherche autour des problématiques de vulnérabilité et de souffrance au travail dans les milieux de dispense des soins intensifs. Ainsi, PS-ICU group, le groupe de recherche international (France, Canada, Italie et Espagne) et pluridisciplinaire (psychologie clinique et sociale, médecine et épidémiologie) considéré, a permis de construire et de valider un outil d'évaluation des facteurs de stress spécifiques aux personnels de la réanimation, qui a été utilisé dans le cadre de travaux portant sur l'impact de la crise sanitaire sur les professionnels de la réanimation. Ces travaux de recherche permettent de nourrir la formation et la pratique clinique à travers le Master « Psychopathologie clinique, psychologie médicale et psychothérapie » et un DIU « Psychotraumatisme et dispositifs d'accompagnement », dont Alexandra Laurent est responsable.



D.R

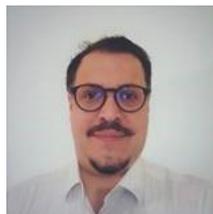
Jean-Luc LAURENT est ingénieur général des Mines honoraire.

Il est ancien élève de l'École des mines de Paris. Il a commencé sa carrière d'ingénieur des mines en 1977 dans le secteur de l'environnement : il a été chef du service Environnement du service des Mines Bourgogne France-Comté, chef de bureau au service de l'Environnement industriel, directeur de l'agence de l'eau Rhin Meuse, directeur de

l'Eau au ministère de l'Environnement, directeur général de l'Administration et du Développement, puis chef du service de l'inspection générale au sein de ce même ministère.

En 2006, il prend la direction du Laboratoire national de métrologie et d'essais, un établissement public de recherche (notamment en métrologie, science de la mesure), et de services de l'Industrie (étalonnage, essais, certification et formation) placés sous la tutelle du ministère de l'Économie. Il quitte ses fonctions en 2016, avant de prendre sa retraite en juin 2022. Il est aujourd'hui président honoraire d'Eurolab France (groupement professionnel de laboratoires d'essais et d'étalonnage accrédités) et est toujours administrateur de la fédération européenne Eurolab aisbl.

Membre du comité de rédaction de la série *Responsabilité & Environnement* des *Annales des Mines* depuis près de vingt ans, il a coordonné plusieurs numéros publiés par cette revue.



D.R

Le Docteur **Clément LAZARUS**, ancien chef de clinique – assistant universitaire à la faculté de médecine Paris Descartes et enseignant à Sciences Po Paris, est actuellement sous-directeur adjoint de la veille et de la sécurité sanitaire à la direction générale de la Santé du ministère des Solidarités et de la Santé. Dans

le cadre de ses fonctions, il assure

depuis janvier 2020 le pilotage du Centre de crise sanitaire Covid-19 de ce ministère. Il est également conseiller-expert auprès du directeur général de la Santé pour la sécurité sanitaire internationale.



D.R

Tatiana MACÉ est diplômée de l'École nationale supérieure de chimie de Paris (ENSCP). Elle est responsable du département Métrologie des gaz et des aérosols au sein du Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE) à Paris. Elle contribue au développement de matériaux de référence certifiés (MRC) et de méthodes de référence traçables au système international et à leur dissémination auprès des

laboratoires, des industries et des instituts afin d'assurer la qualité de leurs mesures en analyse des gaz et caractérisation des aérosols.

Danielle MALTAIS est professeure titulaire au département des sciences humaines et sociales de l'UQAC. Elle est titulaire de la chaire de recherche « Événements



D.R

traumatiques, santé mentale et résilience ». Elle est co-chercheuse principale du RIISQ et est chercheuse collaboratrice au sein du CRUJeF.

Au cours des vingt dernières années, ses travaux de recherche ont porté principalement sur les conséquences des événements traumatiques et des catastrophes de tout type sur la santé et le fonctionnement social des jeunes, des adultes et des aînés, ainsi que sur les intervenants psychosociaux.



D.R

Mohamed El Habib MESSABIS

est doctorant en première année au centre Ingénieur et santé de Mines Saint-Étienne. Il travaille sur le développement d'outils d'aide à la décision au sein des services de santé. Il a obtenu son premier diplôme de master en recherche opérationnelle à l'Université des sciences et technologies de Houari Boumediène en Algérie. Il a ensuite entamé un second master en parcours informatique – option MODO (Modélisation, Optimisation, Décision et Organisation) – à l'Université de Paris dauphine-PSL.

– option MODO (Modélisation, Optimisation, Décision et Organisation) – à l'Université de Paris dauphine-PSL.



D.R

Raksmei PHAN est chercheur en informatique à l'École des mines de Saint-Étienne depuis 2016. Formé en recherche opérationnelle, il a développé de fortes compétences dans le domaine des bases de données, des services Web et de l'IoT (concrétisées notamment à travers la publication de trois livres).

Il est aussi responsable du Med-TechLab®, le living lab Santé et autonomie des Mines Saint-Étienne et d'AESIO depuis 2022.



D.R

Jean-Pierre QUENOT est professeur des universités – praticien hospitalier. Il est chef de service de médecine intensive-réanimation au CHU de Dijon.

Au titre de ses recherches sur l'anticipation de la prise de décision en situations complexes et la compréhension des mécanismes physiopathologiques chez les patients en choc septique, il est affilié au Centre d'investigation clinique (INSERM

CIC1432) du CHU de Dijon, à l'équipe LIPNESS du LabEx LipSTIC (INSERM UMR866) et au réseau CRICS-TRIGGERSEP (F-CRIN).

Il est également co-directeur de l'Espace de réflexion éthique Bourgogne Franche-Comté (EREBCF) et président du CPP Est 1. Il a créé en 2021 un réseau de recherche national en éthique dans le domaine des soins critiques (RESC).



D.R

Le professeur **Jérôme SALOMON** est directeur général de la Santé depuis 2018. Il est également représentant de la France au comité exécutif de l'Organisation mondiale de la santé et est membre du *board* de l'Autorité européenne de préparation et de réaction aux urgences sanitaires (HERA). Médecin spécialiste de santé publique et de médecine sociale, il est professeur des universités en maladies infectieuses et tropicales et praticien hospitalier. Il a également été directeur du réseau international de l'Institut Pasteur de 2010 à 2012.



D.R

Chantale SIMARD est infirmière et est professeure-chercheuse au sein du module des sciences infirmières de l'UQAC depuis 2009. Ancienne infirmière en pédiatrie, elle s'intéresse particulièrement aux soins oncologiques, palliatifs et au deuil, ainsi qu'à la santé et à la résilience des familles.



D.R

Laura TEMIME est titulaire d'un diplôme d'ingénieure et d'un Doctorat en biomathématiques. Elle est professeure des universités au Conservatoire national des Arts et Métiers. Elle y enseigne l'épidémiologie, l'évaluation et la modélisation des risques sanitaires. Elle y dirige également le laboratoire de recherche Modélisation, épidémiologie et surveillance des risques sanitaires. De même, elle est chercheure

associée à l'Institut Pasteur. Ses activités de recherche s'inscrivent dans le domaine de l'épidémiologie et de la modélisation des maladies infectieuses. Elle s'intéresse plus particulièrement à l'antibiorésistance et aux infections associées aux soins, notamment la diffusion nosocomiale de la Covid-19.



D.R

Priscilla THÉBAUX est doctorante en anthropologie rattachée à l'Université de la Guyane et au laboratoire Écologie, évolution et interactions des systèmes amazoniens (CNRS-Université de Guyane-IFREMER) depuis mars 2019. Sa thèse a pour ambition de comprendre le processus d'appropriation des enjeux de l'accès à l'eau potable par la population guyanaise.

Élisabeth TOUTUT-PICARD était précédemment députée LREM suite à son élection en 2017. Elle a présidé une mission parlementaire d'information sur les alternatives aux produits phytopharmaceutiques. Désignée présidente du groupe interministériel Santé Environnement (GSE) en juin 2018 par les ministres de la Santé et de la Transition écologique, elle a co-organisé et animé les événements qui ont jalonné l'élaboration du Plan national Santé Envi-



© BEL ET BIEN VU

ronnement, en 2019 et en 2020. Au cours du second semestre 2020, elle a présidé une commission d'enquête parlementaire sur la santé environnementale. La soixantaine de propositions qu'elle a présentées dans son rapport ont contribué à enrichir le contenu du 4^e Plan national Santé Environnement publié en mai 2021.

Ancienne élue de la société civile de la ville de Toulouse et de la métropole de Toulouse, elle a été adjointe au maire de cette ville en charge de l'environnement et du développement durable et présidente de la commission EDDE (Environnement, Développement durable, Énergies) de Toulouse métropole. Elle a été directrice d'hôpital, fonctions qu'elle a exercées à Paris et à Toulouse (notamment aux hôpitaux Mères Enfants du CHU de Toulouse).

Psychosociologue, diplômée de sciences politiques et détentrice d'un Master 2 en développement durable, elle a mis en place au CHU de Toulouse une des premières démarches de développement durable et de responsabilité sociale (RSE) en milieu hospitalier.



D.R

Stéphane TIRARD est professeur d'épistémologie et d'histoire des sciences à l'Université de Nantes. Il est membre du centre François Viète d'épistémologie et d'histoire des sciences et de techniques. Ses travaux portent sur l'épistémologie et l'histoire des sciences de la vie et de la médecine aux XIX^e et XX^e siècles. Il est par ailleurs responsable du programme interdisciplinaire « Data-Santé : médecine personnalisée et

données en grand nombre – Enjeux d'une nouvelle pratique », un programme soutenu par la région Pays-de-la-Loire et l'Université de Nantes.

Alexis VANCAPPEL est psychologue et travaille notamment au Centre régional de psychotraumatologie – CHRU de Tours (voir la biographie de Wissam EL-HAGE). Il est également maître de conférences à l'Université de Tours.

Le Docteur **Sophie VASLIN-REIMANN** est responsable du pôle Métrologie, Chimie & Biologie à la direction Métrologie scientifique et industrielle du Laboratoire national de métrologie et d'essais.



D.R

Chantal VERDON est professeure titulaire à l'Université du Québec en Outaouais. Infirmière de profession, elle justifie d'une maîtrise dans le cadre de laquelle elle a exploré le sens de la vie après le décès d'un enfant. Elle est aussi titulaire d'un Doctorat en sciences infirmières, dans le cadre duquel elle a développé un modèle qui guide l'approche du « prendre soin de soi pour

prendre soin des autres » à travers les relations.

Ses intérêts de recherche portent sur les deuils complexes et prolongés, le soutien social, la relation en contexte de

deuil et les stratégies d'accompagnement mises en place par tous les types d'intervenants dans des perspectives interdisciplinaire, multisectorielle, relationnelle, systémique et temporelle. Elle est responsable d'une clinique familiale spécialisée dans l'accompagnement du deuil, implantée au sein même de l'Université du Québec depuis 2010.

Jeremy K. WARD est sociologue, chargé de recherche à l'Inserm (CERMES3) et membre depuis 2020 de la commission technique des vaccinations à la Haute Autorité de la santé.

Ses travaux ont principalement porté sur les controverses vaccinales et les rapports à la vaccination. Sa perspective se situe au croisement de la sociologie des sciences, de la sociologie politique et de la sociologie de la santé.



D.R

Stéphanie YATES est professeure au département de communication sociale et publique de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) ; elle est membre du Labfluens – Laboratoire sur l'influence et la communication – et du Groupe de recherche en communication politique. Politologue de formation (Ph. D. – Université Laval, 2010), elle étudie la participation des citoyennes et des citoyens ainsi que celle de divers acteurs sociaux dans la gouvernance des États et des entreprises.

Dans cette optique, elle se penche sur les stratégies de médiatisation des acteurs publics et privés lors de controverses soulevant des enjeux d'acceptabilité sociale, sur le lobbying, la participation publique et sur la communication environnementale.



D.R

Emmanuelle ZECH est professeure ordinaire en psychologie clinique et psychothérapie à l'UC Louvain, Belgique. Son Doctorat a porté sur les effets de la communication des émotions. Nommée en 2004 à un poste en lien avec la psychologie de l'adversité, ses projets visent à examiner les déterminants, les médiateurs et les critères de régulation/d'ajustement dans diverses situations d'adversité, comme le décès d'une

personne proche. Elle cherche à comprendre pourquoi les personnes réagissent de façon différente après une telle épreuve et comment elles s'y adaptent, notamment grâce aux ressources personnelles et interpersonnelles dont elles disposent.

Elle étudie aussi les conditions facilitatrices de changements thérapeutiques lors d'interventions auprès des professionnels, et l'efficacité des méthodes de formation à l'acquisition de compétences psychothérapeutiques. Formée à la psychothérapie expérientielle et centrée sur la personne, elle maintient une pratique clinique dans un centre de consultation.

Coline ZIGRAND : voir la biographie Pr Johannes FRASNELLI.



D.R

Sylvie ZNATY est professeure titulaire de la chaire de prévention des risques professionnels et environnementaux du Cnam. Ingénieure en sécurité sanitaire, elle est spécialisée en culture sécurité et prévention des risques, domaines où elle a travaillé pour la mise en œuvre de grands projets gaziers ou pétroliers avec EDF Énergie nouvelles, Total ou Eiffage, en France mais aussi à l'international.