



## MODELISER LE COVID 19, DEFIS ET PERSPECTIVES

Arnaud Diemer

Revue Francophone du Développement Durable

2020 – n° 15  
pages 1 – 72.

ISSN 2269-1464

Article disponible en ligne à l'adresse :

---

<https://erasme.uca.fr/publications/revue-francophone-du-developpement-durable/>

---

Pour citer cet article

---

Diemer A. (2020), "Modéliser le COVID 19, défis et perspectives", *Revue Francophone du Développement Durable*, n°15, mars, p. 1 – 72.

# Modéliser le COVID 19

## Défis et perspectives

Arnaud DIEMER<sup>1</sup>

Université Clermont-Auvergne, France

CERDI, Centre d'Excellence Jean Monnet du Développement Durable (ERASME)

*Résumé* : La modélisation, longtemps restée entre les mains des experts, est devenu un outil pédagogique susceptible de décrire ce qui est et d'imaginer comment le monde pourrait être. Au-delà des conséquences sanitaires qu'il engendre, le COVID-19 (coronavirus) constitue à nos yeux, un cas d'école. D'un côté, chaque citoyen a pu suivre l'évolution des situations nationales à l'échelle du globe et comprendre toute la difficulté des scientifiques à modéliser l'évolution d'un tel virus (les informations collectées n'ont pas d'équivalent). De l'autre, ces modèles qui ont amené nos gouvernements à privilégier des mesures de confinement ou de tests massifs, sont tous faux (impossibilité de mesurer le nombre de personnes contaminées) mais utiles. C'est sur cette utilité que nous souhaitons insister ici. En nous appuyant sur l'épisode COVID-19 et sur la période allant du 12 décembre au 31 mars 2020, nous avons cherché à démontrer qu'une éducation au développement durable pouvait reposer sur une véritable méthodologie scientifique. Cette démarche tient en trois temps : (1°) Penser système ; (2°) Cartographier les acteurs et les controverses ; (3) Scénariser. Ce sont ces trois temps forts qui simplifient l'acte de conception d'un modèle et qui ouvrent la voie à une pédagogie active et critique.

*Mots clés* : comportements, controverses, COVID 19, écologie, système, system thinking, scénario,

## Introduction

En décembre 2019, une épidémie de pneumonies d'allure virale « inconnue » a été décelée dans la ville de Wuhan, la sixième ville chinoise avec 19 millions d'habitants (province de Hubei). Les premiers patients ont été hospitalisés le 16 décembre, cependant les autorités chinoises n'ont informé l'Organisation Mondiale de la Santé que le 31 décembre 2019<sup>2</sup>.

*Communiqué de la Commission Municipale des soins de santé de Wuhan, le 31/12/2019*

Hubei Daily News (Reporter Yu Jingyi) 31 décembre 2019, la Commission municipale de santé de Wuhan a informé de la situation épidémique de la ville de Wuhan en matière de pneumonie : récemment, certains établissements médicaux de Wuhan ont reçu de multiples cas de patients atteints de pneumonie, tous associés à la ville de fruits de mer de Chine du Sud. Immédiatement après avoir reçu le rapport, la Commission de la santé et du bien-être de la ville de Wuhan a mené une recherche et une enquête rétrospective dans les institutions médicales et sanitaires de la ville associées à la South China Seafood City. À l'heure actuelle, 27 cas de pneumonie ont été identifiés, dont 7 sont graves, les autres sont stables et gérables, et 2 devraient être évacués dans un avenir proche. Les manifestations cliniques des patients étaient principalement de la fièvre, quelques patients présentaient une dyspnée et la tranche thoracique présentait des lésions pulmonaires infiltrantes bilatérales. À l'heure actuelle, tous les cas ont été traités de manière isolée, des enquêtes de suivi et des observations médicales de contacts étroits

<sup>1</sup> Je remercie chaleureusement les deux rapporteurs qui ont accepté de revoir ce texte, selon un processus d'expertise rapide (1 semaine).

<sup>2</sup> Après vérification dans les archives de la Presse Internationale, nous n'avons trouvé aucune mention de cette épidémie durant le mois de décembre 2019.

sont en cours, et les enquêtes sanitaires et l'élimination sanitaire de la South China Seafood City sont en cours. La ville de Wuhan a organisé la médecine clinique, l'épidémiologie, les experts en virologie de l'hôpital de Tongji, du CDC provincial, de l'Institut du virus de l'Académie chinoise des sciences, de l'hôpital des maladies infectieuses de Wuhan et du CDC de Wuhan, et d'autres unités, des experts de la maladie, du traitement et du transfert, de l'enquête épidémiologique, des tests préliminaires de laboratoire et d'autres aspects de l'analyse de la situation que les cas ci-dessus sont des pneumonies virales. À ce jour, l'enquête n'a révélé aucune transmission apparente d'homme à homme et aucune infection parmi le personnel médical n'a été détectée, alors que la détection de l'agent pathogène et l'enquête sur la cause de l'infection sont en cours<sup>3</sup>.

Entre le 12 et le 29 décembre 2019, ce sont finalement près de 59 cas de pneumonies qui ont été signalés. Sept patients demeuraient dans un état critique, aucun décès n'était à déplorer, cependant 163 personnes en contact avec les malades avaient été placées en observation. Dans un premier temps, les autorités chinoises ont soupçonné la résurgence du Syndrome Respiratoire Aigu Sévère (SRAS). Ce syndrome avait déjà engendré une pandémie en Asie en 2002 – 2003, infectant plus de 8 000 personnes et causant la mort de 774 personnes dans 37 pays. Toutefois, le 5 janvier 2020, le gouvernement chinois écartait cette hypothèse. Le SRAS était hors de cause ce qui relançait la question de l'origine de l'épidémie. Le même jour, l'Organisation Mondiale de la Santé fait un communiqué sous le titre « *Pneumonia of Unknown Cause* »<sup>4</sup>.

Les extraits du Communiqué de l'OMS sont assez significatifs de l'état d'incertitude dans lequel les autorités sanitaires étaient début janvier :

« Le 31 décembre 2019, le bureau de pays de l'OMS en Chine a été informé de cas de pneumonie d'étiologie inconnue (cause inconnue) détectés dans la ville de Wuhan, dans la province chinoise de Hubei. Au 3 janvier 2020, les autorités nationales chinoises ont signalé à l'OMS un total de 44 patients atteints d'une pneumonie d'étiologie inconnue. Sur les 44 cas signalés, 11 sont gravement malades, tandis que les 33 autres patients sont dans un état stable. Selon les médias, le marché concerné de Wuhan a été fermé le 1er janvier 2020 pour cause d'assainissement et de désinfection de l'environnement. L'agent causal n'a pas encore été identifié ou confirmé. Le 1er janvier 2020, l'OMS a demandé des informations complémentaires aux autorités nationales pour évaluer le risque. Les autorités nationales indiquent que tous les patients sont isolés et reçoivent un traitement dans les établissements médicaux de Wuhan. Les signes et symptômes cliniques sont principalement de la fièvre, quelques patients ayant des difficultés à respirer, et des radiographies pulmonaires montrant des lésions invasives des deux poumons. Selon les autorités, certains patients étaient des marchands ou des vendeurs sur le marché des fruits de mer de Huanan. Selon les informations préliminaires de l'équipe d'enquête chinoise, aucune preuve de transmission interhumaine significative et aucune infection des travailleurs de la santé n'a été signalée... ».

L'OMS poursuivait son communiqué en évaluant les risques et rendant son avis :

« Il existe peu d'informations permettant de déterminer le risque global de cette grappe de pneumonies d'étiologie inconnue. Le lien signalé avec un marché de gros de poissons et d'animaux vivants pourrait indiquer un lien d'exposition aux animaux. Les symptômes signalés chez les patients sont communs à plusieurs maladies respiratoires, et la pneumonie est fréquente pendant la saison hivernale ; cependant, l'apparition de 44 cas de pneumonie nécessitant une hospitalisation, regroupés dans l'espace et le temps, doit être traitée avec prudence... L'OMS ne recommande aucune mesure spécifique pour les voyageurs. En cas de symptômes évoquant une maladie

<sup>3</sup> Wuhan市卫健委通报肺炎疫情  
发现27例肺炎 暂未发现人传人

湖北日报讯 记者余瑾毅 2019年12月31日,武汉市卫健委通报武汉市肺炎疫情情况:近期,武汉部分医疗机构接诊多例肺炎患者,均与华南海鲜城有关联。武汉市卫健委接到报告后,立即在该市医疗卫生机构开展与华南海鲜城有关联的病例搜索和回顾性调查。目前已发现27例肺炎病例,其中7例病情严重,其余病例病情稳定可控,有2例病情好转拟于近期出院。病例临床表现主要为发热,少数病人呼吸困难,胸片呈双肺浸润性病灶。目前,所有病例均已隔离治疗,密切接触者追踪调查和医学观察正在进行中,对华南海鲜城的卫生学调查和环境卫生处置正在进行中  
武汉市已组织同济医院、省疾控中心、中科院武汉病毒所、武汉市传染病医院及武汉市疾控中心等单位的临床医学、流行病学、病毒学专家会诊,专家从病情、治疗转归、流行病学调查、实验室初步检测等方面情况分析认为,上述病例系病毒性肺炎。到目前为止,调查未发现明显人传人现象,未发现医务人员感染,对病原的检测及感染原因的调查正在进行中。

<sup>4</sup> <https://www.who.int/csr/don/05-january-2020-pneumonia-of-unknown-cause-china/en/>

respiratoire pendant ou après le voyage, les voyageurs sont encouragés à consulter un médecin et à communiquer leurs antécédents de voyage à leur prestataire de soins. L'OMS déconseille l'application de toute restriction aux voyages ou au commerce en Chine sur la base des informations actuellement disponibles sur cet événement ».

Le 7 janvier 2020, interviewé par CNN<sup>5</sup>, le professeur David Hui Shu-Cheong (Université de Hong Kong) déclarait qu'il était probable que l'épidémie ait été causée par une « *Brand-new viral pneumonia* ». Les recherches vont alors se tourner du côté du marché des fruits de mer « *Hunan Seafood Whole sale Market* », qui proposaient également de nombreuses chaires animales fraîches (viandes de renard, de rat, de serpent, de chameau...). Si la contamination d'origine animale est ainsi privilégiée (le SRAS de 2002 avait débuté avec la contamination d'un humain par un animal sauvage, the *Civet Cat*<sup>6</sup> ou *civette*<sup>7</sup> en français, un mets très apprécié dans les régions Sud de la Chine), une question restait en suspens : la possible transmission interhumaine : « *Most often, respiratory viruses can be transmitted among humans. It is only a matter of how contagious it is* » (déclaration de David Hui Shu-Cheong sur CNN), même si la fermeture du marché incriminé laissait à penser que le risque était circonscrit : « *If it only transmits from animals to humans, now that the market has been shut down and sanitized, the chances for people to be infected will be low,* » (déclaration du Professeur Leo Poon, virologue à l'Université de Hong Kong et l'un des experts du SRAS).

Le 9 janvier, la découverte d'un nouveau coronavirus (d'abord appelé 2019-nCoV), puis officiellement SARS-Cov2, est annoncé par les autorités sanitaires chinoises et l'OMS. Ce nouveau virus est l'agent responsable de la nouvelle maladie infectieuse respiratoire appelée COVID-19 (COrona VIRUS Disease). Même si les preuves de transmission interhumaine sont encore insuffisantes, des craintes d'épidémie à l'échelle nationale et dans les pays voisins sont bien présentes. Elles sont notamment relayées par les préparatifs dus à la saison des voyages du Nouvel An lunaire. Le *Nouvel An Lunaire* (农历新年), aussi appelé *Fête du Printemps* (春节) ou *Fête du Têt* (Vietnam), c'est l'un des événements les plus importants de la communauté asiatique à travers le monde. Des millions de Chinois prévoient de se déplacer en bus, trains, avions... dans le pays et à l'étranger, à l'occasion de cette fête qui tombe le 25 janvier (passage de l'année du *Cochon de terre* au *Rat de métal*. Les jours qui suivront l'annonce de cette découverte, ne feront que renforcer les inquiétudes, notamment avec l'annonce des deux premiers décès dans la ville de Wuhan par les autorités chinoises (19 janvier 2020). Aucun cas n'a été signalé dans d'autres villes chinoises cependant le *South China Morning Post*, rapporte « *qu'au moins deux cas suspects ont été repérés dans la ville de Shenzhen, et un troisième à Shanghai.*

---

<sup>5</sup> <https://edition.cnn.com/2020/01/06/health/china-pneumonia-intl-hnk/index.html>

<sup>6</sup> <https://www.theguardian.com/world/2003/may/24/china.sars>

<sup>7</sup> Dans le cas de l'épidémie de Sars de 2002-2003, le Sars-CoV partageait 99,8 % de son génome avec un coronavirus isolé des civettes, faisant de ce petit mammifère, l'hôte intermédiaire du virus et le lien entre son réservoir naturel et l'Homme.

Les pays voisins ne sont pas épargnés. Plus de 90 cas suspects ont été signalés à Hong-Kong et quatre à Taïwan (*Courrier international*<sup>8</sup> du 18 janvier 2020). CNN<sup>9</sup> rapporte le même jour que trois voyageurs – deux se trouvant en Thaïlande et un au Japon – qui ont visité Wuhan mais qui n’ont pas été sur le marché, ont été infectés par le virus. La transmission d’humain à humain se confirme. Les chercheurs du Centre d’Analyse des Maladies Infectieuses de l’Imperial College à Londres, en la personne du Professeur Neil Ferguson, n’hésitent pas à considérer que le nombre de patients infectés pourrait bien être plus élevé que les quelques dizaines de cas signalés (entretien du 18 janvier à la BBC<sup>10</sup>). Un rapport daté du 17 janvier et intitulé « *Estimating potential total number of novel coronavirus cases in Wuhan City, China* » estime – sur la base de calculs intégrant des modèles d’épidémies, le type de virus (le nouveau virus est désormais le septième d’une liste de virus pouvant contaminer l’homme), la population locale et les données du transport aérien (ville de 19 millions d’individus, avec un trafic de voyageurs estimé sur les deux derniers mois à 3.301 passagers par jour, à destination des 20 principaux pays du globe) – que près de 1723 personnes seraient touchées par le virus. Les conclusions du rapport sont sans équivoque : « *It is likely that the Wuhan outbreak of a novel coronavirus has caused substantially more cases of moderate or severe respiratory illness than currently reported. The estimates presented here suggest surveillance should be expanded to include all hospitalised cases of pneumonia or severe respiratory disease in the Wuhan area and other well-connected Chinese cities. This analysis does not directly address transmission routes, but past experience with SARS and MERS-CoV outbreaks of similar scale suggests currently self-sustaining human-to-human transmission should not be ruled out* » (2020, p. 3).

Plusieurs pays ont commencé à prendre des mesures préventives. Les autorités de Hong Kong ont ainsi mis en place des mesures de dépistage, notamment des contrôles stricts de température pour les voyageurs en provenance de Chine Continentale – protocole déjà mis en place lors du SRAS 2003 (*Bangkok Post*<sup>11</sup> du 18 janvier 2020). La Thaïlande a annoncé qu’elle contrôlait déjà les passagers débarquant à Bangkok, Chiang Mai et Phuket (*Bangkok Post*<sup>12</sup>). Après un premier cas annoncé sur leur territoire, le 21 janvier, les Etats-Unis ont également mis en place un système de contrôle (questionnaire sur d’éventuels symptômes respiratoires et prise de température) pour tous les passagers en provenance de Wuhan dans les aéroports de New York, San Francisco et Los Angeles (*Los Angeles Times*<sup>13</sup>, 18 janvier 2020). Le 22 janvier 2020, l’OMS s’est réunie en urgence afin de décider si l’épidémie de pneumonie au coronavirus 2019 – NCoV constituait une urgence de santé publique de portée

---

<sup>8</sup> <https://www.courrierinternational.com/article/sante-autorites-et-scientifiques-preoccupes-par-la-propagation-dun-nouveau-virus-chinois>

<sup>9</sup> <https://edition.cnn.com/2020/01/18/asia/china-coronavirus-study-intl/index.html>

<sup>10</sup> <https://www.bbc.com/news/health-51148303>

<sup>11</sup> <https://www.bangkokpost.com/world/1828714/chinese-pneumonia-outbreak-raises-concerns>

<sup>12</sup> <https://www.bangkokpost.com/thailand/general/1834789/coronavirus-infected-chinese-tourist-being-treated-in-thailand>

<sup>13</sup> <https://www.latimes.com/california/story/2020-01-18/q-a-will-be-i-be-screened-for-coronavirus-at-the-airport>

internationale... Devant les divisions<sup>14</sup> au sein du comité d'experts chargé de remettre des recommandations au directeur de l'OMS (Tedros Adhanom Ghebreyesus), l'OMS se donne 24 heures de plus pour trancher (propos rapportés par le président de l'OMS, Didier Houssin, *Le Monde*<sup>15</sup>, 23 janvier 2020). Les autorités chinoises annoncent dans le même temps la décision de placer en quarantaine la région du Wuhan, épice de l'épidémie.

Cette période est également marquée par des avancées scientifiques. L'étude de nombreuses séquences génomiques du 2019-nCoV permet de retracer avec une probabilité plus grande sa généalogie qui le rapproche du Coronivirus HK9-1 (découvert en Chine en 2011), virus détecté chez une chauve-souris<sup>16</sup> (*Le Monde*<sup>17</sup> du 25 janvier). L'animal à l'origine de la transmission à l'homme n'a pas encore été identifié avec certitude, cependant certaines publications (Xiao, 2020 ; Lam, 2020) suggèrent que le pangolin – petit mammifère consommé dans le Sud de la Chine pour sa chair tendre – pourrait être impliqué comme « hôte intermédiaire » entre la Chauve-souris et l'homme (*Institut Pasteur*<sup>18</sup>). Du côté des symptômes, ils ont également fait l'objet d'un premier recensement (*Institut Pasteur, Ibid.*) : (i) la durée de l'incubation est en moyenne de 5-6 jours (avec des valeurs extrêmes allant de 2 à 14 jours), les symptômes s'installent progressivement ; (ii) les premiers signes sont peu spécifiques (ils s'apparentent à une grippe) : maux de tête, douleurs musculaires, fatigue... La fièvre et les signes respiratoires arrivent ensuite (deux – trois jours après) ; (iii) les premières études provenant de Chine ont souligné qu'il s'écoulait en moyenne une semaine entre l'apparition des premiers symptômes et l'admission à la phase d'état de la maladie. A ce stade, les symptômes associent fièvre, toux, douleurs thoraciques et gêne respiratoire (la réalisation d'un scanner thoracique révèle presque toujours une pneumonie touchant les deux poumons... ; (iv) la gravité des signes cliniques nécessite le maintien à l'hôpital d'environ 20% des malades et 5% nécessitent une admission en réanimation ; (v) certaines études et modèles sembleraient démontrer que l'infection peut être asymptomatique (ne pas entraîner de manifestations cliniques) chez 30 à 60% des sujets infectés.

Au-delà de ces avancées scientifiques, le virus a continué à se propager au-delà des frontières du marché de Wuhan. Le 27 janvier, il avait infecté près de 4400 personnes, dont une quarantaine à l'étranger dans 18 pays différents (provoquant 107 morts. La France confirme la présence de trois cas, deux touristes chinois originaires de Wuhan

---

<sup>14</sup> L'OMS a déclaré cinq fois un risque sanitaire mondial pour des épidémies depuis la mise en place de cette procédure, en 2005 : la grippe porcine H1N1 en 2009, la poliomyélite en 2014, le virus Zika en 2016 et la fièvre Ebola, qui a ravagé une partie de l'Afrique de l'Ouest de 2014 à 2016, et la République démocratique du Congo depuis 2018.

<sup>15</sup> [https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/01/23/coronavirus-une-situation-complexe-et-evolutive-selon-l-oms\\_6026952\\_3244.html](https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/01/23/coronavirus-une-situation-complexe-et-evolutive-selon-l-oms_6026952_3244.html)

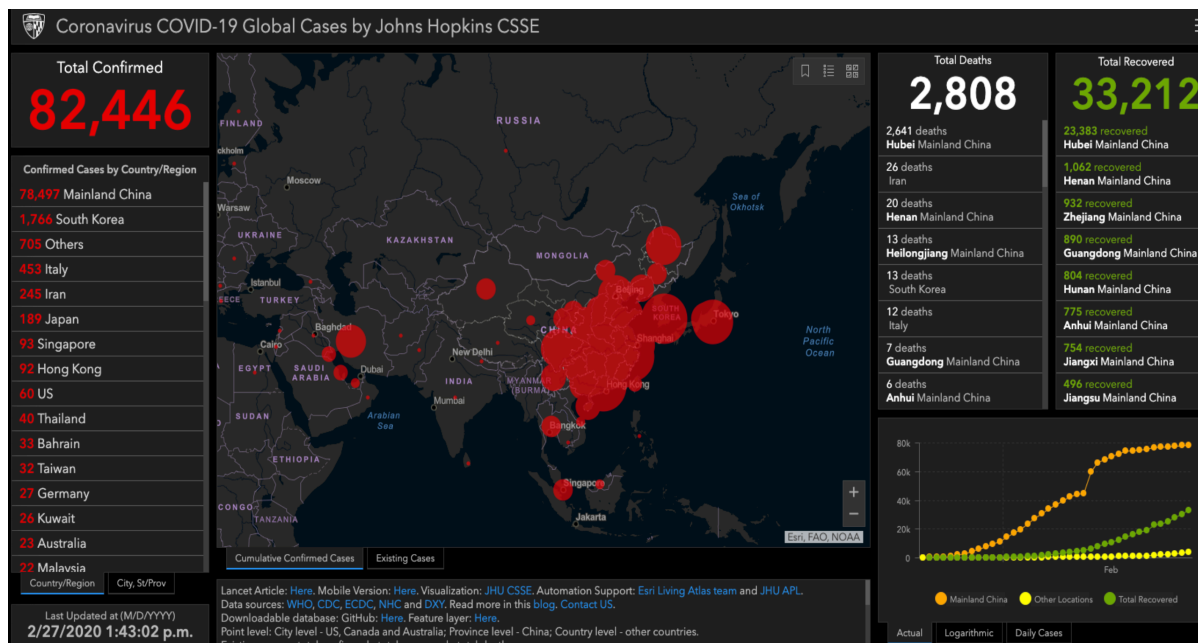
<sup>16</sup> Les génomes de ce virus et de ceux qui circulent chez la Chauve-souris sont identiques à 96%.

<sup>17</sup> [https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/01/24/le-nouveau-coronavirus-aurait-un-ancetre-chez-les-chauves-souris\\_6027041\\_3244.html](https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/01/24/le-nouveau-coronavirus-aurait-un-ancetre-chez-les-chauves-souris_6027041_3244.html)

<sup>18</sup> <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/coronavirus-wuhan>

et un français d'origine chinoise passé aussi par la même ville (*Le Monde*<sup>19</sup>, 25 janvier 2020). Le mois de février confirme la flambée épidémique avec des foyers (Le John Hopkins CSSE comptabilisait 82 446 cas de contamination et 2808 décès le 27 février 2020) qui s'intensifient en Chine (78 497 cas de contamination), Corée du Sud (1766 cas), Japon (189 cas), à Singapour (93 cas) et à Hong Kong (92), et l'apparition des foyers en Iran (245 cas) et en Italie (453 cas). Le cas Italien fait l'objet d'une attention toute particulière (le 19 février 2020, l'Italie ne comptait que 3 personnes contaminées), le Carnaval de Venise - qui attire chaque année près de 100 000 touristes - et qui s'est déroulé du 15 au 23 février (les autorités italiennes ayant décidé de clôturer le spectacle, deux jours avant la date prévue) constitue un puissant levier de dissémination du virus.

Figure 1 : Cartographie des cas contaminés et des décès, le 27 février 2020



Source : John Hopkins, CSSE

Le 10 mars 2020, tous les pays de l'Union européenne étaient finalement contaminés par le COVID-19. Avec 168 décès en 24 heures, l'Italie enregistre un nouveau record, et ceci malgré la décision du gouvernement italien de confiner les 60 millions d'italiens pour endiguer la propagation du virus<sup>20</sup>. Le 11 mars, l'OMS, par une allocution de son directeur général<sup>21</sup>, déclare que le COVID-19 peut être qualifié de pandémie : « Ces deux dernières semaines, le nombre de cas de COVID-19 hors de Chine a été multiplié par 13 et le nombre de pays touchés a triplé. On compte désormais plus de 118 000 cas dans 114 pays et 4291 décès. Des milliers de personnes sont hospitalisées entre la vie

<sup>19</sup>[https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/01/25/trois-cas-de-coronavirus-confirmes-comment-la-france-fait-face-a-l-epidemie\\_6027230\\_3244.html](https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/01/25/trois-cas-de-coronavirus-confirmes-comment-la-france-fait-face-a-l-epidemie_6027230_3244.html)

<sup>20</sup> <https://www.lesechos.fr/monde/enjeux-internationaux/en-direct-le-10-mars-2020-coronavirus-le-point-sur-la-situation-en-france-et-dans-le-monde-1183464>

<sup>21</sup> <https://www.who.int/fr/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>

et la mort. Dans les jours et les semaines à venir, le nombre de cas, de décès et de pays touchés devrait encore augmenter. L'OMS évalue cette flambée 24 heures sur 24 et nous sommes profondément préoccupés à la fois par la propagation et la gravité des cas, dont le niveau est alarmant, et par l'insuffisance des mesures prises qui l'est tout autant. Nous avons par conséquent estimé que la COVID-19 pouvait être qualifiée de pandémie ».

Le 14 mars, plus de 152 898 cas d'infection sont dénombrés dans 137 pays, dont les plus touchés après la Chine sont l'Italie avec 1 441 morts pour 21 157 cas, l'Iran avec 611 morts (12 729 cas), l'Espagne avec 183 morts (5 753 cas) et la France. Cette dernière compte 4499 cas confirmés dont 91 morts (voir Annexe 1)). Le gouvernement enclenche le stade 3 de l'épidémie de virus. Pour ralentir la diffusion sur le territoire et réduire les risques de surcharge du système hospitalier, les lieux publics non indispensables à la vie du pays sont fermés : cafés, restaurants, cinémas, discothèques... Restent ouverts les pharmacies, les marchés alimentaires, les stations essence et les bureaux de tabac. Le 17 mars, un dispositif de confinement est mis en place sur l'ensemble du territoire. Le mois de mars verra se confirmer une croissance exponentielle des cas de contamination et de décès, les Etats-Unis devenant l'un des pays les plus contaminés avec 163 429 cas, suivi par l'Italie (101 739 cas) qui a également le triste record des décès (11 591 décès).

Cette longue introduction - nécessaire pour comprendre les faits et se faire une idée de la situation inédite que nous sommes en train de vivre - nous ramène au coeur d'un problème que nous avons identifié en ces termes. Le virus COVID 19 suit une croissance exponentielle qui porte atteinte à la santé publique (près de 38 000 morts au 31 mars 2020) et à l'activité économique (risque de crise économique) à l'échelle de la planète. D'un point de vue purement sanitaire, la modélisation du virus permet de mesurer les conséquences de l'épidémie, de mieux cerner ses causes et d'envisager les trajectoires possibles. Dans ce qui suit, nous souhaiterions montrer que la modélisation du virus suppose la mise en place d'une démarche en trois temps - 1° penser le système (*System Thinking*) que l'on observe (décrire ce que l'on voit, les causes que l'on a identifiées, mais également ce que l'on aimerait voir), 2° Présenter la position des acteurs et cartographier les controverses (replacer les faits scientifiques dans un débat de société), 3° scénariser les trajectoires les plus probables - susceptible de nous éclairer sur le fonctionnement d'un système complexe. Ces trois temps placent l'acte de modéliser dans une démarche *essentiellement qualitative*, la partie quantitative venant confirmer ou infirmer les schémas mentaux que nous avons élaborés tout au long du processus d'investigation. Ils nous permettent également d'affirmer que les nombreux évènements auxquels nous sommes confrontés depuis près d'un demi-siècle (pluies acides, accidents nucléaires, perte de la biodiversité, tsunami, réchauffement climatique, pandémies...) nécessitent d'adopter une démarche holistique. La compréhension des systèmes complexes doit donc passer par une nouvelle forme d'éducation, plus active et plus critique, plus responsable et mieux armée pour forger les compétences de demain. Il y a eu un avant, il y a un pendant et



il y aura un après COVID... On l'aura compris, la modélisation du COVID 19 n'est qu'un prétexte pour s'immerger dans les trois étapes<sup>22</sup> de la pensée macroscopique.

## Acte 1 : De la pensée systémique à la dynamique des systèmes

Dans leur ouvrage *The Fifth Discipline Fieldbook*, Peter Senge, Art Keiner, Charlotte Roberts, Richard Boss et Bryon Smith rappelaient que dans une acception assez large, « la pensée systémique (traduction française de Systems Thinking) englobe un ensemble de méthodes, d'outils et de principes, tous destinés à examiner l'interdépendance des forces en présence et leur intégration dans un processus commun » (1994, p. 89). De ce fait, le comportement de tous les systèmes suivrait certains principes communs dont la nature nous est progressivement révélée. La pensée systémique trouve ses origines dans les travaux de Norbert Wiener (*Cybernetics Or Control and Communication in the Animal and the Machine*, 1948), de Ludwig Von Bertalanffy (*General System Theory*, 1968) et Jay Forrester (*Industrial Dynamics*, 1961 ; *Principles of Systems*, 1968 ; *Urban Dynamics*, 1969).

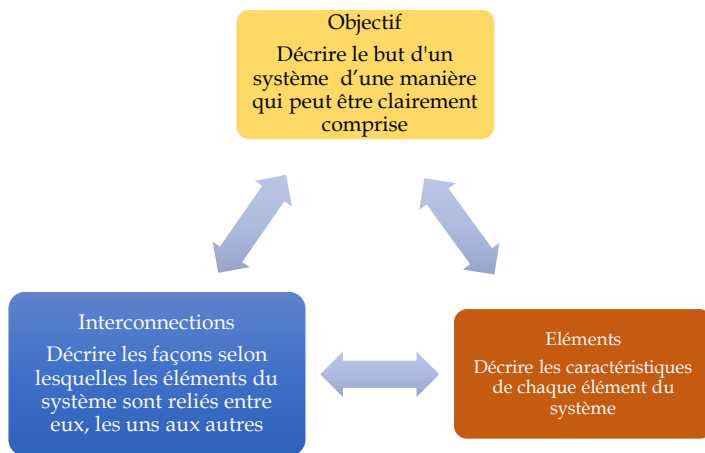
La pensée systémique requiert de définir ce que l'on entend par système. Forrester (1971, [1984, p. 1]) définissait un système « comme un groupement d'éléments qui opèrent ensemble dans un but commun ». Quelques années plus tard, Donella Meadows (2008, 2) précise que le système est « un ensemble de choses – personnes, cellules, molécules ou autres – interconnectées de telle sorte qu'elles produisent leur propre modèle de comportement au fil du temps ». La pensée systémique consiste donc à « comprendre ces interactions de manière à atteindre un objectif souhaité » (Stroh, 2015). L'un des grands avantages de la pensée systémique est qu'elle nous aide à décrire ce qui est (ensemble de causalités) à l'intérieur d'un périmètre délimité (ce sont les limites du système).

La pensée systémique s'avère utile et pertinente pour résoudre des problèmes complexes. Utile (figure 2), parce que c'est une façon simple de décrire l'objectif (d'une manière qui peut être clairement comprise par tout le monde), les éléments (caractéristiques du système) et les interconnexions (la façon dont les éléments ou les caractéristiques s'alimentent les uns les autres et sont en relation les uns avec les autres). Pertinent (figure 3), car elle donne une image claire du processus mental qui nous amène à poser les termes d'un problème. Tout d'abord, on précise le problème ou la question que l'on souhaite résoudre ou poser. Ensuite, on pose des hypothèses pour expliquer le problème et les teste à l'aide de modèles mentaux et de modèles de simulation informatique. Lorsque on est satisfait du résultat, il est possible de communiquer avec clarté ce que l'on a trouvé et engagé un processus de changement (de comportement).

---

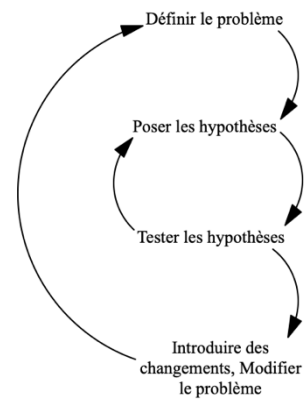
<sup>22</sup> Cette démarche méthodologique a été développée dans un cours de Licence Mathématiques Appliquées aux Sciences Sociales (LMASS). Cet article est une application et une synthèse d'un ouvrage qui paraîtra aux Editions Oeconomia en septembre 2020.

Figure 2 : Penser systèmes



Source : Diemer (2020)

Figure 3 : Processus mental

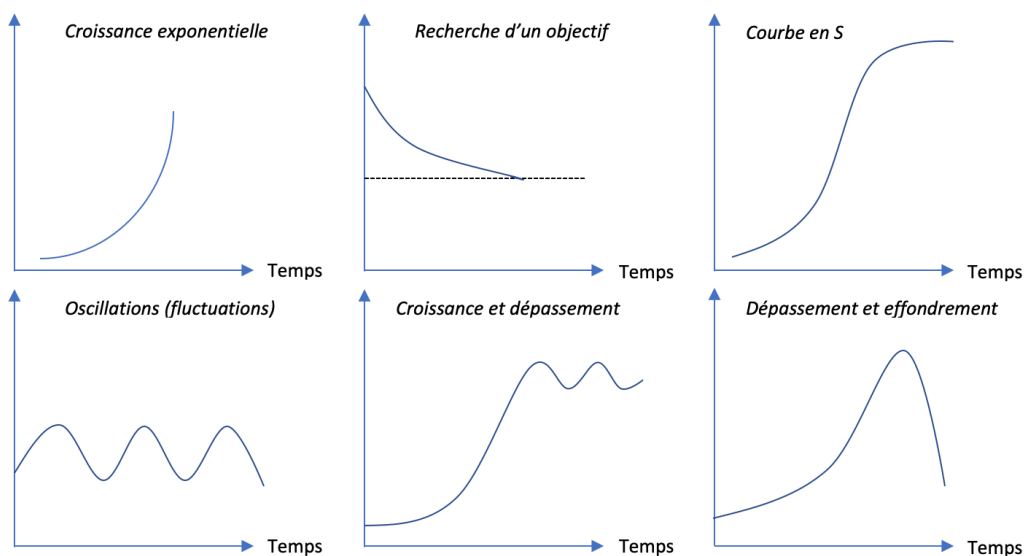


Source : Diemer (2020)

Richmond (2000) a défini ce qu'il appelle les 7 compétences associées à la pensée systémique. Compétences qui nous semblent plutôt correspondre à un guide méthodologique susceptible de comprendre certaines étapes importantes dans le processus mental.

**§ 1. La pensée dynamique** doit nous aider à définir le problème auquel nous voulons nous attaquer. La mise en système du problème (jeu d'hypothèses- donne lieu à l'apparition d'un modèle de comportement ayant sa propre dynamique temporelle (Senge et al., 1994 ; Sterman, 2000).

Figure 4 : Différent modes de comportement



Source : Diemer (2004, 2020), tiré de Senge (1994) et Sterman (2000)

Dans la figure 3, six modèles de comportement sont décrits. *La croissance exponentielle* peut s'appliquer à la contamination générée par un virus, plus le nombre de personnes contaminés est important, plus la pente de la courbe sera importante. *La courbe en S* introduit un point d'inflexion, elle traduit une perte de vitesse dans la transmission du virus, les personnes contaminés sont toujours plus nombreuses mais le rythme de la contagion ralenti. La courbe *dépassement et effondrement* suggère que le nombre de cas contaminés commence à décroître, c'est la fin de l'épisode pandémique toutefois, la récurrence est possible et les cas (*oscillations* ou *croissance et dépassement* sont toujours possibles).

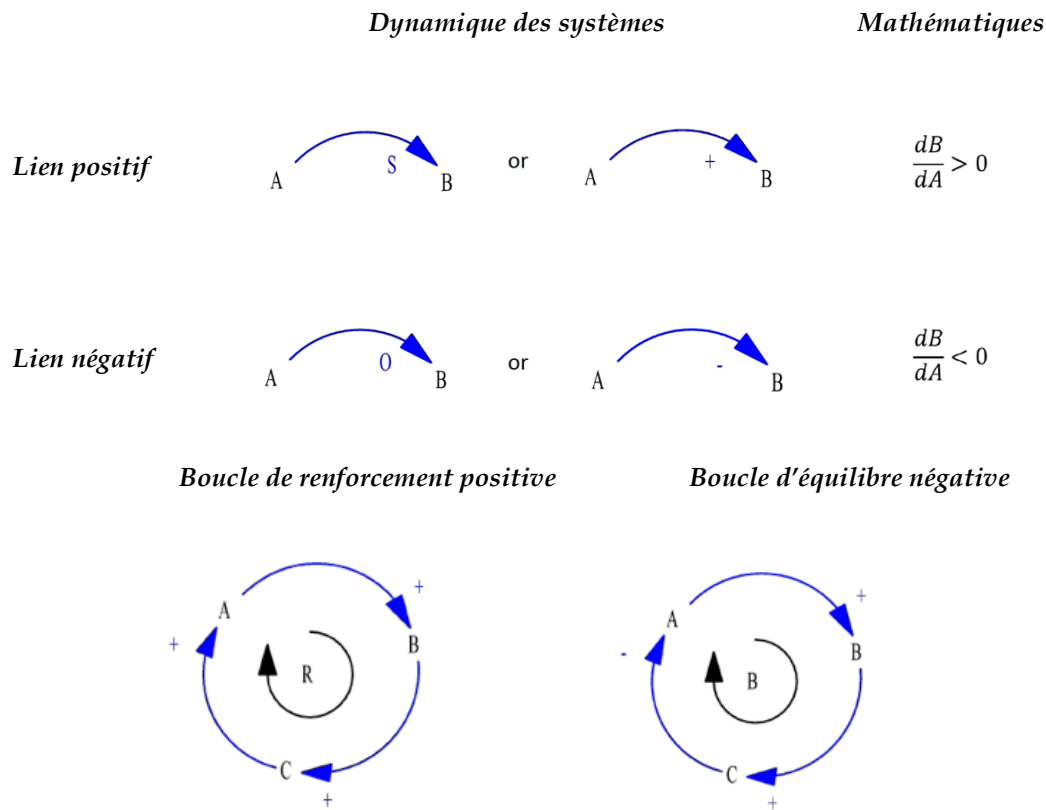
**§ 2. Le système en tant que réflexion sur les causalités.** Après avoir identifié un modèle de comportement dans le temps, l'étape suivante consiste à construire un modèle pour expliquer comment le comportement se manifeste. Il est nécessaire de définir les limites du système. La limite étendue explique ce qu'il faut inclure et ce qu'il faut exclure (variables endogènes et exogènes). La limite intensive définit la profondeur ou le niveau de détail auquel les éléments inclus dans le modèle sont représentés.

**§ 3. Forest Thinking** regroupe les détails pour nous donner une image « moyenne » du système. Elle réduit la complexité du modèle aux similitudes et aux principales voies d'accès. Ainsi, la pensée systémique retient l'approche globale pour comprendre des problèmes complexes... Elle ne peut accepter de simplifier la réalité toutefois elle devra se fixer certaines limites dans le niveau de détail du modèle.

**§ 4. La réflexion opérationnelle** consiste à traiter les questions de causalité et de corrélation. Cette étape répond à la question suivante : comment le comportement est-il réellement généré ? Quelle est la nature du processus ? Le projet part du principe que les relations complexes et interdépendantes entre les éléments du système font que le test de corrélation et la liste des facteurs de réussite ne sont pas pertinents. La conception du système doit se concentrer sur les causalités.

**§ 5. La pensée en boucle fermée** suppose que la causalité ne va pas dans un seul sens et que chaque cause n'est pas indépendante de toutes les autres. L'effet se répercute généralement pour influencer une ou plusieurs des causes et les causes elles-mêmes s'influencent les unes les autres. Dans la dynamique des systèmes, le diagramme des boucles causales (*Causal Loop Diagram - CLD*) est une simple carte d'un système avec toutes ses composantes et leurs interactions. Le CLD nous aide à visualiser la structure et le comportement d'un système, et à analyser le système de manière qualitative. Ce point est important car il rappelle qu'un modèle est avant tout qualitatif (il doit reposer sur des hypothèses qu'il convient de tester, c'est le modèle structurel). Il existe deux boucles de rétroaction dans le CLD. La boucle de rétroaction de renforcement (R) est positive et s'auto-améliore, conduisant à une croissance exponentielle ou à des effondrements dans le temps. La boucle de rétroaction d'équilibrage (B) est négative et constitue une structure d'équilibre ou de recherche d'objectifs dans les systèmes. Cette boucle est source de stabilité et de résistance au changement.

Figure 5 : Liens de causalité et boucles de rétroaction



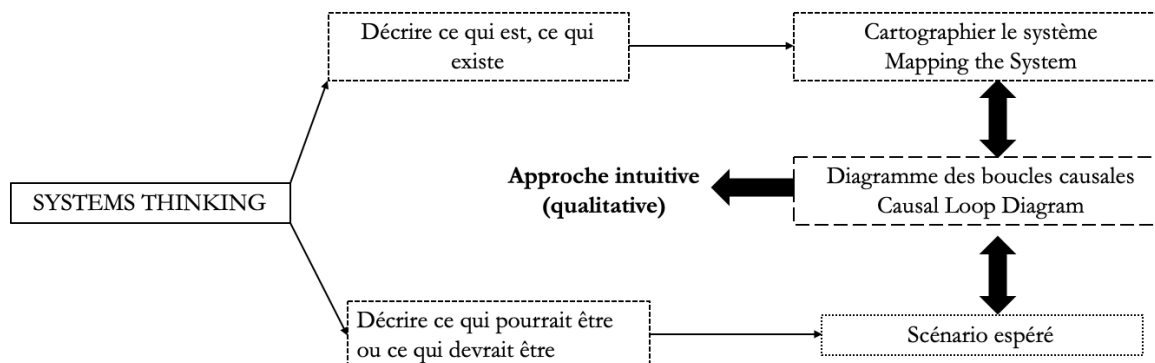
Source : Sterman (2000), Diemer (2004)

§ 6. **La pensée quantitative** nous rappelle que le quantitatif n'est pas synonyme de mesurable. Pour effectuer une analyse quantitative plus détaillée, un diagramme de boucle causale (CLD) doit être transformé en un diagramme de stock et de flux (SDF). C'est l'étape qui permet de créer le modèle, d'étudier et d'analyser le système de manière quantitative. Un stock est le terme désignant toute entité qui s'accumule ou s'épuise au fil du temps. Un flux est le taux de variation d'un stock.

§ 7. **La pensée scientifique** rappelle que les modèles sont avant tout utiles (mais ils sont toujours faux !). Les penseurs systémiques utilisent des variables et des données faciles à comprendre, pour avoir un sens relatif les uns par rapport aux autres. Ils veulent également savoir dans quelles circonstances leur modèle ne fonctionne pas ? Quelles sont les limites de leur confiance dans l'utilité de ce modèle ? Où se situent les principaux leviers ?

Ainsi, le fait de *penser systèmes* (Systems Thinking) décrit le fonctionnement du monde tel qu'il est (la qualité d'un modèle dépend de la qualité du raisonnement) mais nous permet également d'imaginer comment le monde pourrait être. Le diagramme des boucles causales (CLD) décrit toutes les causalités supposées existées entre les différentes variables d'un système. L'accent est mis sur les interrelations. Le CLD propose de définir qualitativement le modèle (grâce à un jeu d'hypothèses qui devront être confirmées par la suite).

Figure 6 : Systems Thinking



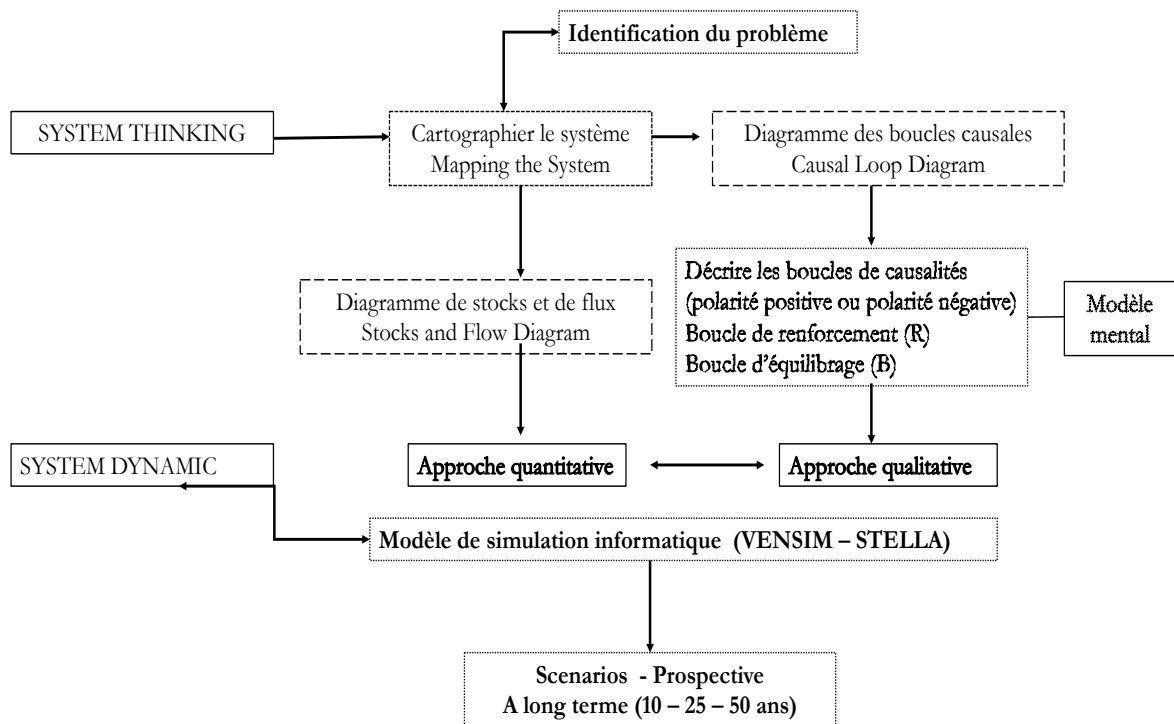
Source : Diemer (2004)

La pensée systémique est une méthode permettant de cartographier un système complexe, elle constitue également la première étape mentale dans le design d'un modèle. L'étape suivante vise à quantifier le modèle afin de faire des simulations. C'est ce qui constitue le passage de « *System Thinking* » à « *System Dynamics* ».

La dynamique des systèmes (popularisée par Forrester) - via les diagrammes de boucles causales et les diagrammes de stocks - est l'étude des systèmes de rétroaction dynamique à l'aide de la simulation informatique (utilisation des logiciels VENSIM, STELLA ou POWERSIM). Elle s'applique aux problèmes dynamiques survenant dans des systèmes sociaux, de gestion, économiques ou écologiques complexes - littéralement tout système dynamique est caractérisé par l'interdépendance, l'interaction mutuelle, la rétroaction d'informations et la causalité circulaire. Le concept de rétroaction est au cœur de l'approche de la dynamique des systèmes. Les diagrammes de boucles de rétroaction de l'information et de causalité circulaire sont des outils permettant de conceptualiser la structure d'un système complexe et de communiquer des informations basées sur des modèles (il s'agit également de prendre en compte les délais temporels des boucles rétroactions). La méthodologie de la dynamique des systèmes implique la dominance et la non-linéarité des boucles, le concept de changement endogène, une structure de système (limites du système, boucles de rétroaction, niveaux et taux, objectif, état observé, écart, action souhaitée), des stocks (niveaux) et des flux (taux) en tant que composantes essentielles de la structure du système, et le comportement en tant que conséquence de la structure.

Le passage à la dynamique des systèmes permet d'intégrer les approches qualitative et quantitative du modèle, qui via la simulation informatique, permettent de faire des simulations à long terme (10 - 25 - 50 - 100 ans). Ce dernier point est crucial, le modèle ne donne pas de prévisions mais des évolutions de tendance sur le long terme. A ce titre, il constitue un bon outil d'aide à la décision.

Figure 7 : Modélisation et simulation



Source : Diemer (2004)

Au final, le développement d'un modèle de dynamique des systèmes passe par les étapes suivantes :

1. Développement des diagrammes de boucles causales (CLD). Ceux-ci sont utilisés pour faire émerger des modèles mentaux sur le comportement des éléments (variables) du système exprimé sous forme de relations causales et de boucles de rétroaction (avec des délais temporels) ;
2. Cartes des stocks et des flux (S&F). Elles décrivent la structure du système en termes de flux et des accumulations de choses ;
3. Modèle de carte des limites. Celui-ci catalogue toutes les variables endogènes, exogènes et exclues du modèle ;
4. Modèles de dynamique des systèmes (SD). Ceux-ci combinent CLD et S&F qui décrivent le comportement dynamique d'un système ;
5. Schémas des sous-systèmes. Ils fournissent l'architecture globale d'un modèle, comprenant des sous-systèmes et des flux de choses entre les sous-systèmes.

Dans ce qui suit, nous présentons - via le logiciel VENSIM - un modèle dynamique cherchant à identifier le système complexe COVID-19. Notre objectif est à la fois scientifique et pédagogique. Il s'agit de fournir un outil (interactif) qui permette d'appréhender - dans un contexte d'incertitude - l'évolution de la pandémie et les politiques qui pourraient être mises en place. Cette modélisation s'est réalisée sur la

période allant du 3 janvier au 31 mars<sup>23</sup>. Nous avons fait l'hypothèse, compte tenu du fait qu'il faut un individu infecté pour générer le processus de contamination, que l'échelle la plus adéquate est celle de la ville<sup>24</sup> (le COVID 19 est parti de la ville de Wuhan), toutefois l'échelle de diffusion est bien celle du pays (via des foyers de contamination), puis celle d'un continent...

#### *Vue d'ensemble du modèle*

La ville contient une certaine population. Un individu infecté entre dans cette ville, ce qui constitue le début de la simulation. Le modèle est avant tout déterministe, une seule personne infectée suffit à contaminer une population (la contamination peut être lente ou rapide, tout dépend du processus de contamination). La première personne constitue le patient 0, c'est elle qui infectera d'autres personnes au fil du temps. Cette personne est au départ - asymptomatique (cette hypothèse nous paraît plus vraisemblable car elle suggère, que les symptômes ne sont pas complètement connus, ce n'est que lorsque ces derniers seront clairement identifiés que les nouveaux contaminés seront déclarés symptomatiques). Progressivement, des personnes tombent malades. La diffusion du virus suit une courbe exponentielle croissante. La mise en place de mesures pour réduire les contacts et les risques de propagation de la maladie sont de trois ordres : mesures hygiéniques (se laver les mains, éternuer dans son épaulement, rester à 1 m, mettre un masque) ; les tests et/ou le confinement.

Le modèle permet d'intégrer des changements de comportements de la part de la population, des personnes symptomatiques et de celles qui ont été testées positives, ceci de manière à réduire la propagation de la maladie. Un changement global de comportement de la population est également possible via le confinement décidé par un gouvernement. Le modèle peut prendre en compte la durée de ces changements (estimation du confinement). Les tests sont intégrés au modèle, toutefois leur efficacité et leur utilisation dépendent de plusieurs facteurs (le nombre de tests réalisés par jour, le nombre d'établissements à même de faire des tests, la durée d'un test, le coût d'un test et la présence de matières réactives pour faire ces tests). Toutes les caractéristiques de la maladie peuvent être prises en compte (même le fait que le virus puisse muter ou que les symptômes se modifient).

#### *Quelques hypothèses du modèle*

- Le caractère sévère de l'infection : il s'agit ici de fixer la gravité de la maladie. La gravité légère (0) renvoie aux personnes qui sont asymptomatiques, ne présentant aucun symptôme (ou des symptômes supportables : rhume, courbatures...). Aucun décès n'est associé à ce groupe. Une gravité moyenne (5) est associée à des personnes présentant des symptômes visibles, semblables à ceux d'une mauvaise grippe, mais ne

---

<sup>23</sup> Le 31 mars marquant la fin de nos recherches et le début de l'expertise de l'article.

<sup>24</sup> En France, il faut attendre le 24 janvier 2020 pour que trois premiers cas soient officiellement recensés. Il s'agit d'un français d'origine chinoise et de deux touristes chinois ayant séjourné à Wuhan. Deux d'entre elles sont soignées à Paris, l'autre à Bordeaux.

nécessitant pas forcément une hospitalisation (dans le modèle, il s'agit du nombre d'ordonnances réalisées par SOS médecins et comptabilisées par le site GEODE). La gravité importante (10) implique une hospitalisation et le passage en service de réanimation, avec un risque très élevé de décès pour une population d'une certaine classe d'âge (plus de 65 ans, plus de 75, plus de 80 ans).

- La probabilité que le COVID-19 passe d'une personne à une autre après contact, est considérée comme élevée. Si aucune mesure n'est prise, la transmission de la maladie est rapide (le chiffre de 2.5 est ici retenu : une personne infectée contamine 2 à 3 personnes). Toutefois, comme la question des personnes asymptomatiques est clairement posée, il y a un biais très important : nous ne savons pas si le taux de contagion est le même entre les personnes symptomatiques et les personnes asymptomatiques.

- Le modèle permet de prendre en compte le nombre de personnes qu'une personne infectée rencontre chaque jour, puis de rapporter ces contacts à la population concernée (ici la ville). Il permet également de prendre en compte les comportements des personnes symptomatiques (mais gravité légère) qui vont réduire leurs futurs contacts (de 50% à 100%).

- La durée : lorsqu'une personne est infectée, le virus s'attaque à son système immunitaire. Elle serait donc testée positive et pourrait transmettre le virus. La période durant laquelle un individu est contagieux, mais ne présente aucun symptôme, va de 2 à 14 jours. La progression de la maladie suit quant à elle une croissance exponentielle (avec trois variantes, une personne infectée, une personne contaminée ; une personne infectée, deux personnes contaminées ; une personne infectée, trois personnes contaminées). Ainsi le nombre personnes contaminées peut doubler, voire tripler (le triplement du nombre de contaminés fera apparaître une courbe très pentue). La durée est bien entendu associée à la gravité de la maladie (gravité faible, moyenne ou sévère).

La mortalité : l'hypothèse qui est faite ici, est que le nombre de décès augmente avec la gravité de la maladie, le nombre de personnes contaminées, l'âge de la personne hospitalisée et l'engorgement des services hospitaliers.

### La place de l'action publique

Le modèle prend en compte, le moment où une action politique est prise par les autorités en place, afin de réduire les interactions et la propagation du virus. Il s'agit principalement de la fermeture des espaces publics (parcs, salle de concerts...), des écoles, de la restriction des déplacements (voir carte de confinement et la mise en place du stade 3 en France, le 16 mars 2020) et des modifications des pratiques de travail (télétravail). L'action publique se définit par rapport à un patient témoin, dans notre modèle, il s'agit d'un pays - l'Italie - qui sert de variable d'ajustement pour les autres pays (et notamment la France). La durée prise en compte par l'action publique est à la fois les 14 jours (liée à la transmission de la maladie) et la période de confinement



nécessaire à limiter l'extension de la maladie et à ne pas surcharger les services hospitaliers.

Malgré l'action publique, le paramétrage du modèle intègre une forme de statu quo (valeur 0 pour une personne qui ne change pas de comportement et qui ne réduit pas ses contacts) et une forme de changement radical (valeur 1 si la personne respecte le confinement, limite ses déplacements au strict minimum). L'Etat ou la ville peut décider de sanctionner ces comportements si l'incivilité est de mise ou si la maladie progresse à un rythme très élevé.

L'action publique peut intensifier les recours aux dépistages et donc intensifier les tests, ce qui rend le confinement encore plus efficace (les personnes testées positives sont confinées chez elles).

#### Quelques mentions à rappeler

Le modèle est avant tout un exercice pédagogique, même si l'auteur plaide pour une généralisation de ces outils dès le collège. Il convient de signaler plusieurs points importants du modèle.

i) l'impossibilité de calculer le réel nombre de personnes contaminées (et donc le fait que des personnes asymptomatiques sont en train de contaminer des personnes) constitue un biais important (la plupart des modèles qui fonctionnent aujourd'hui sont faux, mais utiles pour prendre des décisions d'ordre sanitaire) ;

ii) la durée pendant laquelle des personnes peuvent être contagieuses sans symptômes significatifs (14 jours) posera un problème lorsque l'on sera en face d'une baisse du nombre de contaminés, ou plus précisément du nombre de morts (un comportement de type croissance et dépassement, n'est pas à exclure) ;

(iii) la question des tests massifs est cruciale, elle seule peut réduire l'incertitude sur le nombre de personnes contaminées et éviter que la crise sanitaire ne débouche sur un marasme économique. Un simple calcul intégré au modèle suffit pour comprendre. La France compte 67 millions de personnes, si notre dispositif de santé peut parvenir à réaliser 500 000 tests par semaine (ce qui serait déjà une prouesse), tester en premier lieu les 13.75 millions de plus de 65 ans (les plus touchés par le virus), puis les 37,25 millions de 20 à 64 ans (les actifs), il faudrait plus de 6 mois pour effectuer les tests sur les premiers et 18 mois pour effectuer les tests sur les seconds. Autrement dit, le test massif est crucial mais ce qui l'est encore plus, c'est le nombre de tests que nous pouvons réaliser par semaine.... Le coût total d'un test grandeur nature serait de 6,885 milliards d'euros (135 euros par test, somme tout à fait dérisoire si on la rapporte aux pertes économiques qui vont intervenir dans les semaines qui viennent et qui vont s'étaler sur plusieurs années). Il serait possible ici de calibrer le modèle afin que les tests soient réalisés, sur les contacts des personnes contaminées.

(iv) Le modèle intègre la question de la mise en quarantaine et celle de la fin de la durée du confinement. La mise en quarantaine permet d'arrêter la propagation d'une

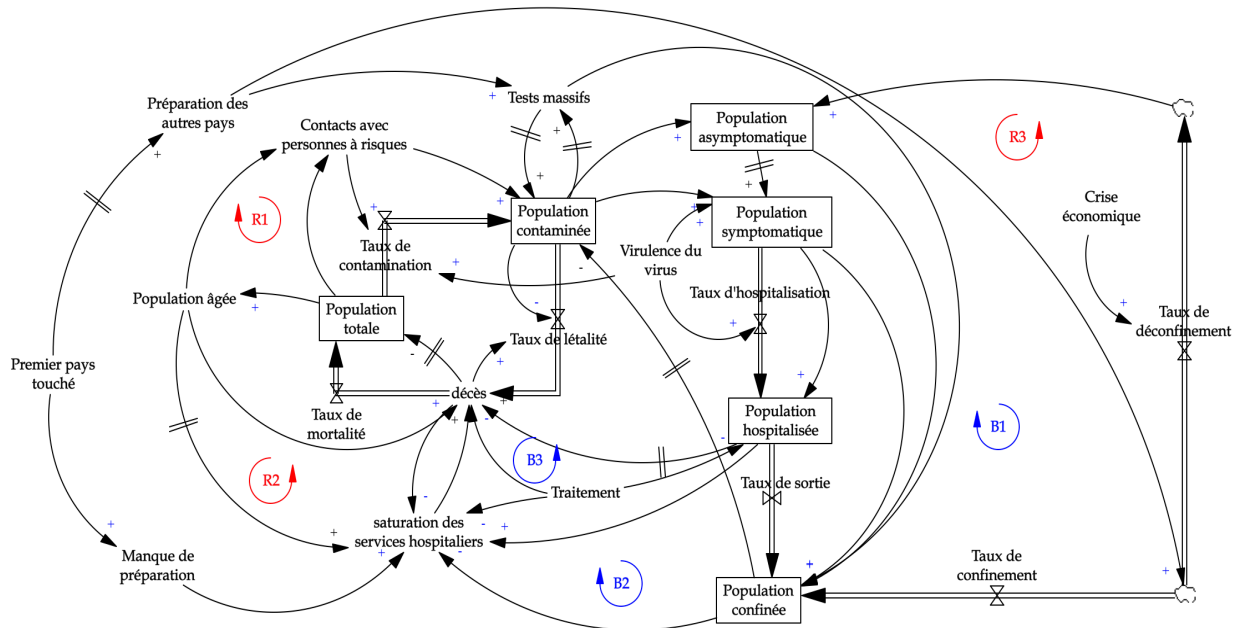
maladie toutefois elle ne signifie pas que la maladie est éradiquée. Ainsi, le modèle peut intégrer la possibilité de réminiscence du virus. La durée du confinement est quant à elle différente de la période de quarantaine, elle dépend de l'évolution du virus et de la décision des autorités publiques. A titre d'exemple, la ville de Wuhan qui a mis en place son confinement le 23 janvier, compte le lever le 8 avril. Si ce confinement est bien levé à cette date, la ville sera restée confinée exactement 76 jours. Bien entendu la taille de la ville, le nombre de cas de contaminés et de décès, les modalités du confinement... ne permettent pas une extrapolation à l'identique sur un autre territoire (la comparaison devrait se faire à l'échelle d'une ville et non d'un pays). Toutefois, si ce délai devait se généraliser à des pays comme l'Italie ou la France, la levée des confinements ne pourrait pas intervenir avant le 25 mai pour l'une et le 1<sup>er</sup> juin pour l'autre. Nous sommes bien loin des recommandations actuelles, notamment du gouvernement français (confinement prolongé le 27 mars jusqu'au 15 avril). Un point est sûr et nous en avons tenu compte dans le modèle, la dimension économique risque d'entrer en conflit avec la dimension sanitaire. Dans les tous prochains jours (nous sommes aujourd'hui 31 mars, à la fin d'un trimestre), les chiffres de la croissance économique devraient confirmer les pertes sèches d'activité (30 à 50%) dans des secteurs cruciaux tels que celui de la construction, des transports (aériens et terrestres), de l'automobile, du tourisme. Tous les pays sont touchés et de nombreuses voix s'élèvent pour faire redémarrer l'outil industriel, même si les risques sont très importants.

La figure 8 permet de visualiser 6 boucles<sup>25</sup>, trois boucles positives (R1, R2, R3) renforçant le système et trois boucles négatives (B1, B2, B3) rééquilibrant le système. La boucle R1 traduit le fait que plus la population est âgée, plus elle sera touchée par le virus (population contaminée) et donc hospitalisée. Le risque de mortalité étant élevée, les décès seront nombreux. La boucle R2 précise que si la population est âgée, elle risque via l'hospitalisation de saturer les services de santé et donc d'augmenter le nombre de décès. La boucle R3 sur laquelle nous reviendrons plus tard, précise que le dé-confinement – pour être efficace – doit s'effectuer dans un contexte où l'épidémie est réellement derrière nous, or la pression économique (crise économique) pourrait bien générer un dé-confinement plus important et plus rapide que prévu. La population asymptomatique pourrait de nouveau transmettre le virus à la population symptomatique et relancer une nouvelle vague d'hospitalisation. La boucle B1 permet par l'usage de tests massifs, d'isoler la population contaminée, si le confinement est mis en place, cela réduira le nombre de personnes contaminées. La boucle B2 repose sur le fait qu'un confinement total permet d'éviter la saturation des services hospitaliers et donc de limiter les décès. La boucle B3 précise que si un traitement (et non un vaccin) est rapidement mis en place, il permettrait à la fois de réduire les hospitalisations, la saturation des services hospitaliers et les décès.

---

<sup>25</sup> Toutes les variables seront analysées et précisées dans l'acte 2 « Cartographie des controverses »

Figure 8 : Modélisation du COVID-19

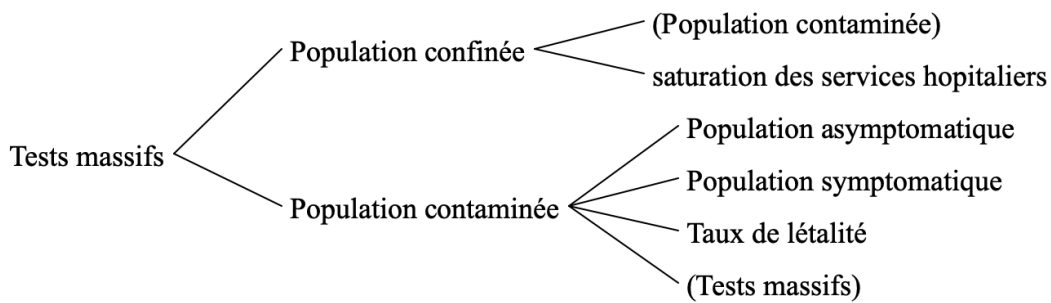


Source : Auteur

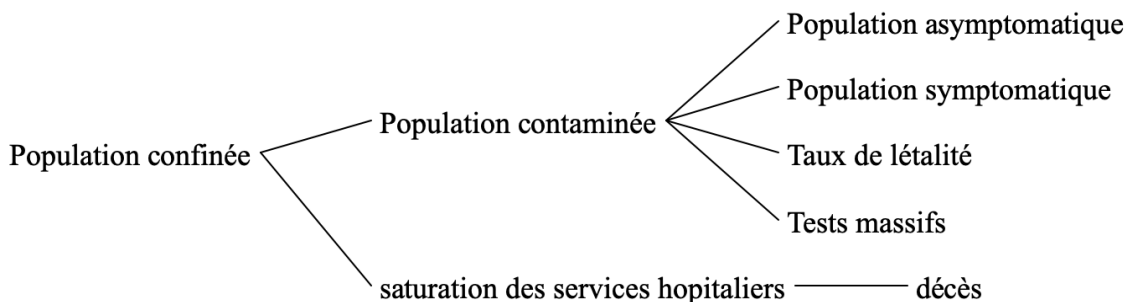
X Délai temporel qui peut prendre plusieurs jours, voire plusieurs semaines (le modèle suit une échelle temporelle en nombre de jours)

Il est possible de visualiser le COVID 19 via un arbre des causalités, un arbre des conséquences et l'identification de quelques des boucles du système.

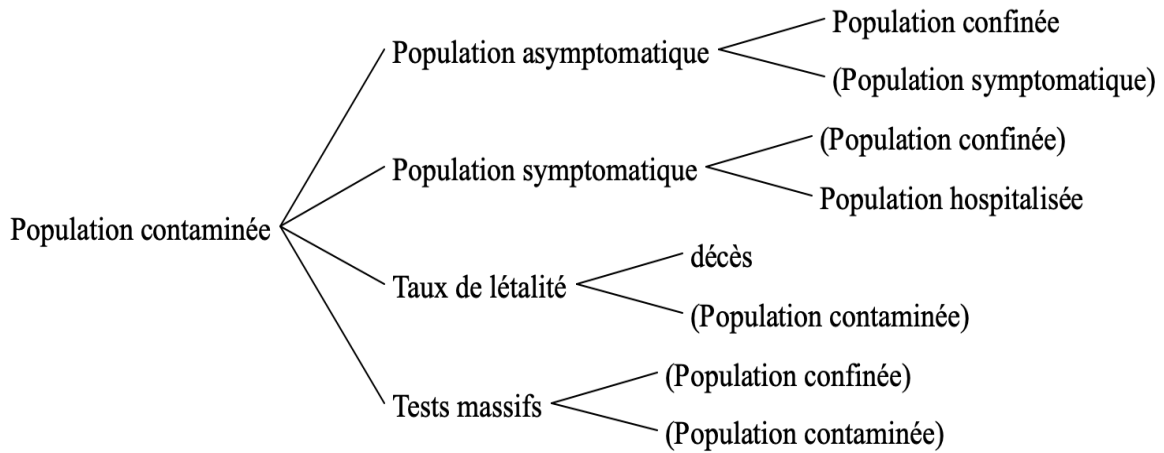
Figure 9 : Arbre des conséquences liées aux tests massifs, au confinement et à la population contaminée



Les tests massifs augmentent statistiquement la population contaminée, tout en permettant un confinement ciblé.

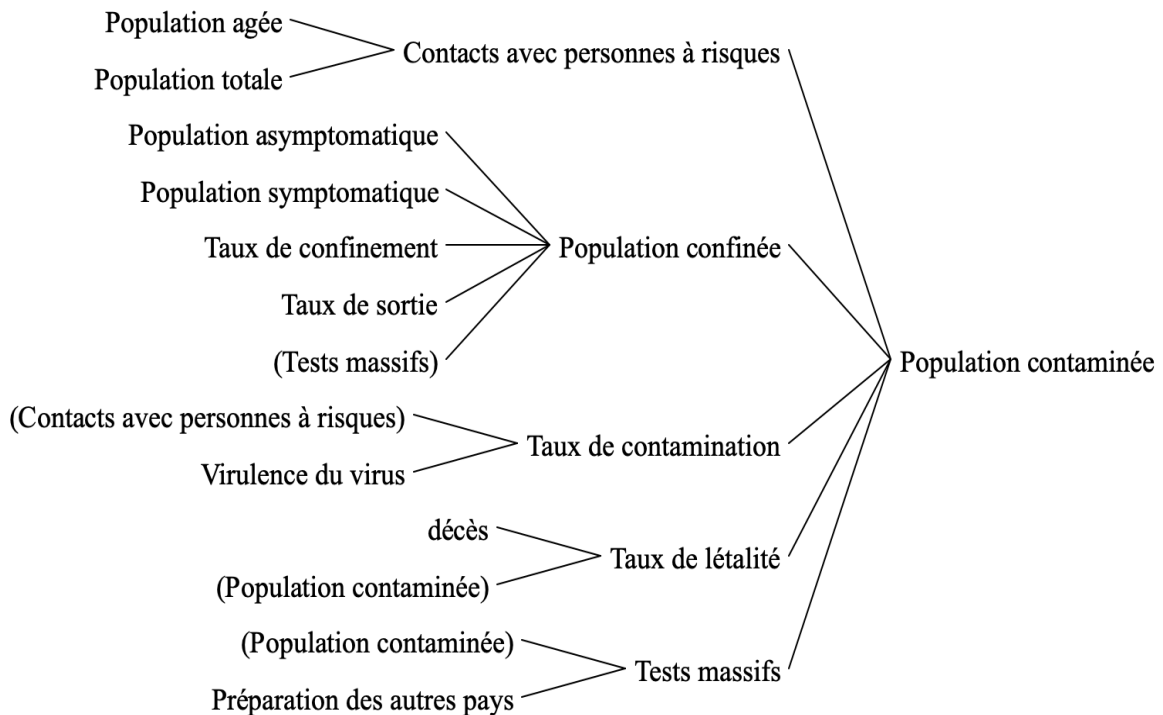


Le confinement de la population permet de réduire la saturation des services hospitaliers, et bien entendu la population contaminée.



Toute la pertinence du modèle repose sur l'estimation de la population contaminée, or la présence d'une population asymptomatique pose quelques difficultés.

Figure 10 : Arbre des causalités de la population contaminée



Le contact avec les personnes à risques, la virulence du virus et la détection par les tests augmentent la population contaminée

Tableau 1 : Identification de quelques boucles

Boucle de durée 9 Population âgée	Boucle de durée 9 Population contaminée	Boucle de durée 9 Décès
Contacts avec personnes à risques Taux de contamination Population contaminée Population asymptomatique Population symptomatique Population confinée Saturation des services hospitaliers Décès Population totale	Population asymptomatique Population symptomatique Population confinée Saturation des services hospitaliers Décès Population totale Population âgée Contacts avec personnes à risques Taux de contamination	Population totale Population âgée Contacts avec personnes à risques Taux de contamination Population contaminée Population asymptomatique Population symptomatique Population hospitalisée Saturation des services hospitaliers

Les trois boucles identifiées dans le tableau permettent de comprendre la dynamique du modèle. L'âge de la population, la population contaminée et les décès sont des drivers qui dynamisent, chacun, une boucle. Les trois boucles présentées ici sont de durée 9 (c'est la durée maximale constatée). Notons pour finir que ce sont bien les interactions entre les différentes variables qui permettent de cerner toute la complexité du COVID-19.

## Acte 2 : Cartographier les acteurs et les controverses

Si le fait de penser système et d'adopter une vision holistique permet d'appréhender des problèmes socialement et scientifiquement complexes, il est nécessaire d'accompagner ce mouvement en identifiant les acteurs (position, rapports de force, convergences et divergences) et les controverses (susceptibles d'émerger et de ralentir les délais de réponse du dit système). Dans ce qui, nous insisterons davantage sur la question des controverses (même si ces controverses émanent d'acteurs), qui ouvre le champ des questions socialement vives.

Dans un ouvrage intitulé *Controversial Issues (CI) in the Curriculum*, Wellington (1986, p. 3) notait qu'une question controversée ne pouvait être résolue par la preuve des faits ou de l'expérimentation et qu'il convenait de recourir à des jugements de valeur. Le rapport « Teaching Controversial Issues. A European Perspective » du Children's Identity and Citizenship in Europe (2003) a défini la controverse en cinq points. Une question controversée met les valeurs et les intérêts en concurrence, est politiquement sensible, attise les émotions, concerne un sujet complexe, et est une question d'actualité. D'une certaine manière, l'analyse des controverses vise à présenter de manière synthétique et neutre, une situation complexe où discours, positions des acteurs, multiples enjeux s'associent ou s'opposent (Diemer, Rafaitin, Marquat, 2014). Dans ce contexte, les visualisations de l'information issues de l'analyse de la controverse sont autant de moyens pour rendre compte de cette complexité, pour permettre aux lecteurs d'en saisir les principaux éléments et les relations qui lient ces éléments. Selon Latour (2006, p. 122), la controverse est « le grand moyen pour entrer à

*l'intérieur de la science qui se fait. Si on considère les controverses non comme des combats, mais comme des moments où on commence par ne pas savoir, et où on discute, c'est la voie royale pour entrer dans l'activité scientifique ».*

La controverse a plusieurs vertus. D'une part, elle permet d'explorer des zones laissées dans l'ombre par le traitement classique des problèmes et contribue à rendre visibles des éléments oubliés (ou sous-estimés). D'autre part, elle remet les experts et les profanes « sur un pied d'égalité » en considérant que chacun possède une expertise qui lui est propre. En apportant son expertise au débat, chacun l'enrichit, le déplace et l'élargit. En outre, la controverse suppose de faire évoluer la composition du collectif. En faisant l'inventaire de tous les problèmes, on a la possibilité de redéfinir la notion de démocratie, qui ne repose plus sur une règle majoritaire, mais sur la prise en compte des minorités. Enfin, la controverse permet aux apprenants d'évoluer dans un cadre où les connaissances ne sont pas stabilisées, de prendre en compte l'incertitude afin de repérer l'ensemble des solutions et de comprendre tout le cheminement d'un raisonnement (Latour, 2001). In fine, la controverse doit mener « à construire une cartographie de sujets qui sont l'objet d'une expertise technique poussée et qui, en même temps, sont devenus des affaires, souvent embrouillées, mêlant les questions juridiques, morales, économiques et sociales, au point que ces affaires, "ces choses publiques", deviennent de plus en plus le cœur de la vie politique » (*ibid.*).

Dans leur ouvrage intitulé *Développement durable et autres questions d'actualité*, Legardez et Simonneaux (2011) sont revenus sur les principales caractéristiques de ce qu'ils appellent des questions socialement vives. Une question est vive (1) *dans la société* : une telle question interpelle les pratiques sociales des acteurs et renvoie à leurs représentations sociales. Elle est considérée comme un enjeu pour la société et suscite des débats (des disputes, des conflits), elle fait l'objet d'un traitement médiatique ; (2) *dans les savoirs de référence* : elle suscite des débats (controverses) entre spécialistes des champs disciplinaires ou entre experts de champs professionnels. Les controverses peuvent être sujettes à des oppositions de paradigmes ; (3) *dans les savoirs scolaires* (voire universitaires). Les controverses peuvent apparaître au sein de savoirs institutionnels (programmes) et de savoirs intermédiaires (manuels).

Le Coronavirus (COVID 19) a soulevé un certain nombre de controverses mêlant des interrogations de type scientifique, technologique, sanitaire, social, culturel, politique, économique ou écologique. Ces controverses sont porteuses d'incertitude. Leur résolution exige plus qu'une solution scientifique, il convient de mobiliser le débat argumentatif pour sortir du savoir *ex cathedra* et co-construire des savoirs scientifiques et sociaux. Dans ce qui suit, nous avons identifié 7 dimensions de la controverse (sanitaire, économique, écologique, sociale, culturelle, politique et technologique) qui présentent la pandémie sous un angle différent (figure 11). L'étude de ces controverses complète notre analyse systémique du COVID-19, elle tend à poser une méthodologie et une démarche qui pourraient nous permettre de mieux appréhender les systèmes complexes. Bien entendu, cette analyse n'est pas exhaustive

et nous aurions pu identifier d'autres dimensions de la controverse. Par ailleurs, l'identification des dimensions de la controverse ne suffit pas, il serait possible de montrer que certaines d'entre elles entrent en conflit ou conduisent à adopter des positions très dogmatiques (les croix placées dans le tableau, permettent de signaler des oppositions de point de vue ou encore des relations de domination). Enfin, l'analyse des acteurs (position, pouvoir, analyse de discours...) aurait pu constituer un autre volet important de cette étude. Faute de temps, nous n'avons pas exploré cette piste de travail, préférant visualiser les controverses en les identifiant via le logiciel Xmind (ajoutons ici qu'une analyse complémentaire via le logiciel Gephi aurait été nécessaire, mais là encore, nous avons dû faire des choix).

*Tableau 2 : Identifier les dimensions des controverses*

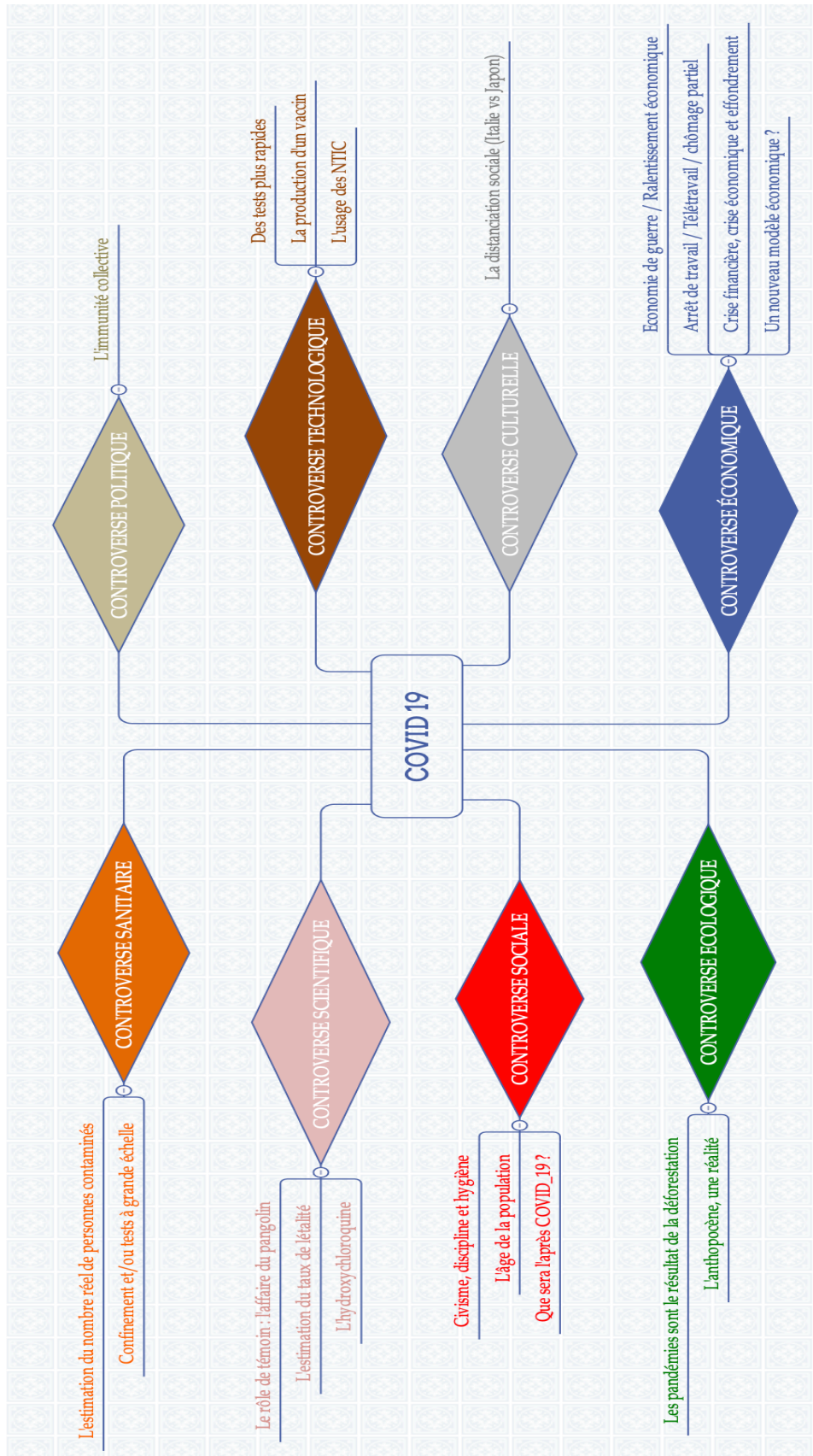
DIMENSION	SANITAIRE	ECONOMIQUE	ECOLOGIQUE	SOCIALE	CULTURELLE	POLITIQUE	TECHNIQUE
SANITAIRE	-	X			X	X	
ECONOMIQUE	X	-	X	X		X	X
ECOLOGIQUE	X		-				
SOCIALE	X		X	-	X		
CULTURELLE	X				-		X
POLITIQUE						-	
TECHNIQUE				X			-

Dans le vocabulaire « System Thinking », ces controverses peuvent permettre d'identifier des « leverage points » - (leviers) qu'il conviendra d'actionner.

1° *La dimension sanitaire* recoupe toutes les autres dimensions étant donné qu'elle est directement reliée à la pandémie. Néanmoins, deux controverses méritent que l'on s'y attarde : (i) La réelle capacité des experts à modéliser la pandémie, (ii) les stratégies qu'il convient de mener à l'encontre de la pandémie (confinement, usage de tests massifs, immunité collective).

(i) Le COVID 19 devrait constituer l'une des plus grandes pandémies jamais connue depuis le 21 siècle (après celle du SRAS). Le virus a surpris pas sa virulence et son taux de létalité (le nombre de morts rapportés à la population infectée), qu'il convient de différencier du taux de mortalité (nombre de morts rapportés à l'ensemble de la population). Or, est c'est bien le problème, le nombre de personnes réellement contaminé est inconnu. On ne recense que les personnes qui sont déclarés positives au SARS-CoV2. Ceci pose trois types de problèmes : (a) tous les malades ne sont pas diagnostiqués. En France, les tests sont demandés à l'hôpital par les médecins, en cas de maladie sérieuse. La controverse sanitaire est également une sanitaire politique : le dépistage dépend de la politique de chaque Etat (nous le verrons plus loin, des pays ont mis en place un dépistage massif, la Corée du Sud a réussi à réduire son taux de létalité à 0.7%). (b) Pour connaître toute la population infectée, il aurait fallu prendre en compte les personnes contaminées avec peu ou pas de symptômes (au bas mot, près de 80% de la population). Or, plus on avance dans l'épidémie, plus le nombre devient important. (c) Pour mesurer plus précisément le nombre de personnes contaminées, il faudrait des tests de sérologie (ils commencent à être utilisés en Chine).

Figure 11 : Carte des controverses au sujet du COVID 19





La sérologie est un test sanguin qui permet de détecter les anticorps spécifiques à un virus développés par le système immunitaire des personnes infectées. En testant des échantillons de population, il serait possible d'établir nombre de personnes infectées (même celles qui n'ont pas présenté de symptômes).

(ii) La gestion sanitaire de la pandémie s'est articulée autour de trois stratégies combinées ou pas : confinement, tests massifs, immunité collective.

- A ce jour, tous les pays dans lesquels le virus s'est installé, ont décrété le confinement ou l'ont anticipé... Ce choix (même s'il a été pris avec certains retards aux USA ou en Angleterre) doit être mis en relation avec les débats relatifs au taux de létalité. En effet, les taux de létalité sont très différents d'un pays à l'autre (8.33% en Italie contre 2,67% en France et 0.22% en Allemagne). Cette différence tient à plusieurs choses :

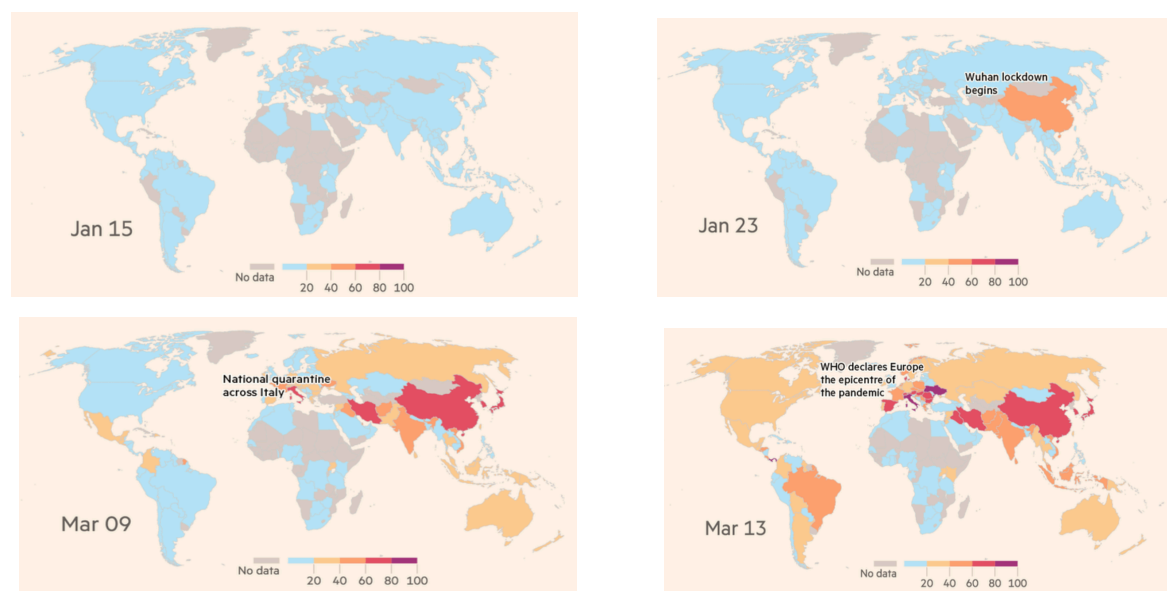
(a) la politique de dépistage (d'où *la nécessité de confiner et de dépister*), moins on dépiste, plus le taux de létalité par cas est élevé ;

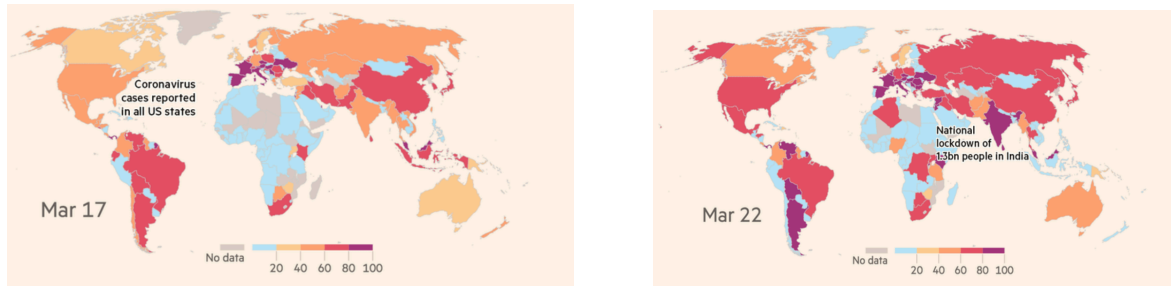
(b) l'âge moyen de la population, plus la population est âgée, plus le nombre de cas sérieux est important et plus le taux de létalité est élevé ;

(c) pendant la montée de l'épidémie, il y a une surmortalité générée par la saturation des services d'urgence et de réanimation (l'âge de la population ne fait qu'accroître le risque de saturation), ce qui fait augmenter le taux de létalité.

Ainsi, même si des pays ont émis des doutes sur l'utilité du confinement et ont préféré faire des tests, les mesures de confinement n'ont pas pour objet d'arrêter l'épidémie, mais bien de retarder et d'étaler au mieux l'arrivée de cas graves aux urgences.

Figure 12 : Comment le monde s'est confiné face au COVID-19

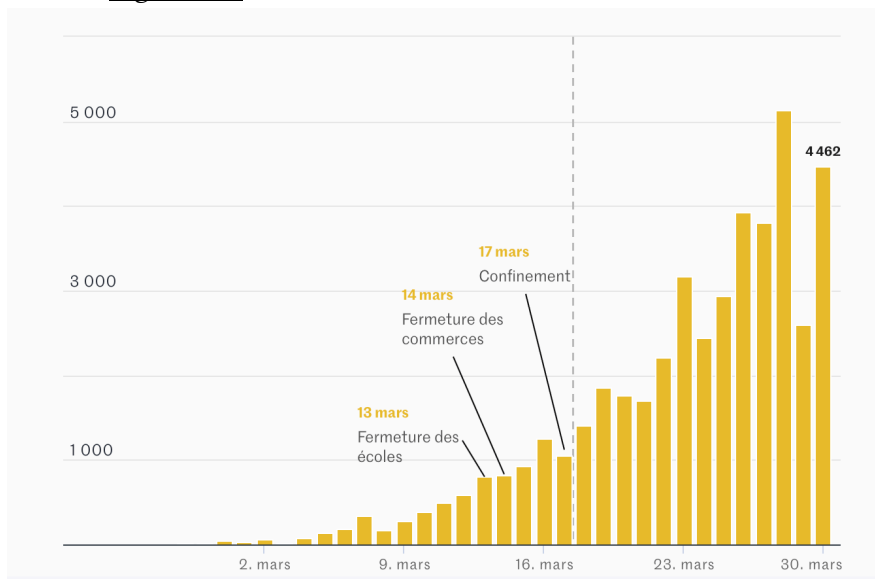




Source : Blavatnik School of Government, University of Oxford

Si l'on prend le cas français, on peut noter que le confinement décidé le 17 mars 2020, n'a pas engendré moins de morts, il a surtout servi à ne pas engorger les services de santé (comme ce fût le cas en Italie et en Espagne).

Figure 13 : Evolution du nombre de morts en France



Source : Santé Publique France

- La réalisation des tests à l'échelle de toute la population n'est pas uniquement un enjeu sanitaire, c'est également un enjeu sociétal et technologique, qui pose clairement pour la France, la question du prix des tests et du choix de confiner la population.

Etant donné la virulence du virus et la croissance du nombre de cas, jour après jour, la première mesure aurait dû être l'abolition des brevets sur les tests de COVID 19 et le paiement des tests au prix coûtant. Or le gouvernement français a préféré suivre sa politique de fixation des prix, mis en place depuis plusieurs semaines. Les tests valent 135 euros (prix défini dans le cadre du référentiel des Actes Innovants<sup>26</sup> Hors Nomenclature (RIHN)).

Le choix de privilégier le confinement sans développer sa capacité de dépistage, et ce, malgré les demandes du directeur général de l'OMS (*Le Monde*, 24 mars) a fait perdre un temps précieux à la France. Du début de la crise jusqu'au 24 mars 2020, la France a procédé à 60 000 diagnostics (capacité de 5 000 tests par jour). Or, c'est près de deux à

<sup>26</sup> Si ce dispositif permet de rémunérer les actes de biologie et d'anatomopathologie innovants, il est inapproprié en temps de pandémie.

trois fois moins que la Corée du Sud et de l'Allemagne qui ont pu identifier et isoler en amont un grand nombre de porteurs de virus. Depuis la découverte du premier cas à la mi-janvier, la Corée du Sud a identifié près de 8236 infections grâce à une campagne massive de dépistage organisée par les établissements publics et les hôpitaux privés. Pour repérer le plus rapidement possible tous les foyers d'infection, les autorités coréennes ont testé 274 500 personnes (0.5% de la population), soit quatre fois plus que la France. L'Allemagne a de son côté, réalisé près de 500 000 tests par semaine, une cadence qu'elle doit à ses fabricants nationaux de réactifs et de dispositifs (le fabricant de réactifs et d'automates Euroimmum, le laboratoire TIB Molbiol commercialisant les tests).

*Notons que ce retard français dans les tests risque de lui poser de nombreux problèmes si le confinement s'accroît. En effet, faute d'avoir mis en place une campagne de tests massifs, la France va sûrement devoir imaginer une stratégie de dé-confinement à la carte (tout en quadruplant le nombre de tests à réaliser). Au vu du décalage avec l'Italie (14 - 18 jours) et de l'évolution toujours croissante du nombre de morts (même si la courbe venait à se stabiliser ou à s'inverser, les oscillations - comme en Lombardie - risquent de demeurer encore quelques jours), une baisse significative ne semble pas à l'ordre du jour (le doute est toujours réel sur le nombre de personnes contaminées !). Ainsi le confinement pourrait bien se prolonger jusque fin mai (mise en quarantaine), avec un retour à la normal, en septembre. Nous le verrons dans l'Acte 3 « Scénariser », mais la récurrence sera d'autant plus probable que nous rentrons dès juin - juillet et août dans une période de mobilité intense. Le problème sanitaire introduit un choix politique et sociétale. Faut-il prolonger le confinement durant l'été ? Quels seront les comportements des français face à un tel choix ?*

A ce problème de tests, il convient d'associer deux difficultés : (1) l'élargissement des tests aux laboratoires de ville et des cliniques privées peut être une solution, encore faut-il que ces organisations aient des installations de type P2 et des masques pour protéger les personnels. (2) la production de tests et de matériels de prélèvement bute sur une contrainte forte. A ce jour, la France ne peut augmenter sa production de tests, faute d'une dépendance importante aux importations des réactifs, principalement de Chine et des Etats-Unis (or les importations chinoises ont été stoppées, quant à celle des Etats-Unis, elles ont été redirigées vers le pays, Donald Trump décidant de les garder pour lui). Au-delà des tests, c'est toute la structure logistique qui ne suit pas. Les matériels de prélèvement sont tout aussi précieux que les tests, or dans le cas présent, la France se fournissait en Italie (la Société Copan est à l'arrêt) et la société Becton Dickinson fournit en priorité le marché américain.

- *La dimension politique* étant avant tout une réponse des différents gouvernements au phénomène de pandémie... La controverse a pris ici deux formes... (1) c'est le choix des pays de tester massivement (Corée du Sud, Allemagne) ou de confiner la population chez elle (Espagne, Italie, France). Ces deux stratégies ont été évoqués au niveau sanitaire. (2) c'est le fait d'agir (Japon) pour contrer la diffusion du virus ou de

laisser faire (Angleterre, Pays-Bas) de manière à développer une « *immunité collective* ». La controverse (qui a débouché sur une polémique, a été lancée par Boris Johnson et son conseiller scientifique, Patrick Vallance). Alors que la plupart des pays européens avaient pris un ensemble de mesures radicales pour limiter la propagation du virus, l'Angleterre semblait miser sur la stratégie de l'immunité collective (*Herd Immunity*). **Le choix politique de l'Angleterre s'est donc appuyé sur un résultat scientifique.**

L'immunité collective repose sur un principe simple : plus les personnes sont infectées par une maladie, plus elles vont développer des anticorps et moins l'épidémie se propage dans la population. Les premiers modèles d'immunité collective ont été publiés dans les années 30, notamment via des études sur la grippe espagnole. Ces modèles s'appuient sur un appareillage mathématique et probabiliste. Appliqués au cas du COVID-19 dont le taux de contagion est de proche de 2.5 (entre 2 et 3), ils reposent sur le raisonnement suivant : si 1 000 personnes sont infectées, elles vont transmettre la maladie à 2500 personnes. Si rien est fait, la courbe des personnes contaminées est exponentielle. Une fois que la moitié de la population est immunisée, une personne infectieuse ne va contaminer que 1.24 personne. Et si 60% de la population a été en contact avec le virus, la transmission ne se fait plus que par une seule personne. Quand le taux de reproduction atteint la valeur 1, l'épidémie ne se propage plus.

Certains pays (Angleterre, Pays-Bas...) ont ainsi fait le choix de ne pas confiner leur population, en tablant sur le fait qu'une diffusion rapide du virus (une fois les 60% de la population atteints) provoquerait une immunité collective protectrice à long terme. Si une telle stratégie trouve effectivement ses adeptes, elle génère deux types d'interrogations : (i) la théorie de l'immunité collective a surtout été utilisée contre des épidémies dont on possédait déjà un vaccin. Il s'agissait ainsi de déterminer le taux de couverture nécessaire et suffisant pour voir disparaître la maladie (cette théorie repose ainsi sur l'idée qu'il n'est pas nécessaire de vacciner 100% de la population pour la protéger totalement d'un risque infectieux) ; (ii) si l'immunité effective peut être « acceptable » à l'échelle d'une grippe classique (lorsque le taux de reproduction - c'est à dire le nombre de sujets qu'une personne infectée peut contaminer - est compris entre 1.2 et 1.5), en revanche, elle s'avère particulièrement dangereuse lorsque le taux de reproduction atteint des valeurs comprises entre 2,5 et 3 (comme pour le cas du COVID 19) ; (iii) cette théorie repose sur l'idée que le contact est immunisant (à 100%) or la possibilité du rechute (notamment pour le COVID 19 dont on ne connaît encore rien) peut-être bien réelle et ne pas générer une protection à long terme ; (iii) enfin, et c'est peut-être le plus dramatique, exposer 60% de la population anglaise au COVID 19, c'est tout simplement mettre en péril 40 millions de personnes (60% de 67 millions d'habitants). Dans le cas d'un taux de létalité des personnes infectées proche de 1, cela pourrait générer près de 400 000 morts ! Une étude réalisée par l'Impérial College of London ayant estimé que les décès liés à une stratégie d'immunité collective, seraient proche de 250 000 personnes, Boris Johnson a décidé de revoir sa stratégie (le 23 mars,

soit 10 jours après avoir annoncé suivre la stratégie d'immunité collective) et procéder à un confinement de la population britannique afin d'éviter la tragédie italienne (confinement qui devra être réalisé alors que l'Angleterre a pratiqué des coupes budgétaires drastiques dans les effectifs de la police, suppression de 24 000 postes). Au 31 mars 2020, le Royaume-Uni comptait 22 453 personnes contaminées et près de 1789 décès.

- *La dimension scientifique* est également sujette à controverses. Si la question de l'hôte intermédiaire – le pangolin, rôle intermédiaire dans la transmission de l'animal (Chauve-souris) à l'humain – reste d'actualité, nous souhaiterions aborder les deux controverses suivantes. La première a déjà été abordée dans le point précédent (dimension sanitaire), elle concerne l'estimation du taux de létalité ; la seconde est plus médiatique, elle renvoie à l'usage de l'hydroxychloroquine.

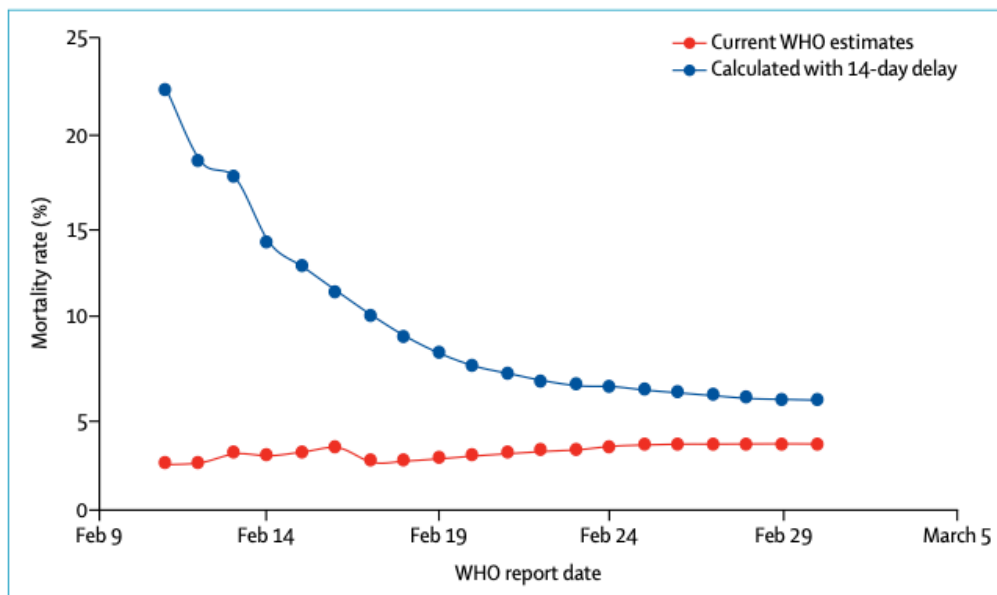
(a) La première controverse touche l'estimation du taux de létalité. Dans son point presse<sup>27</sup> du 3 mars 2020 sur le COVID-19, le directeur de l'OMS évoquait les chiffres suivants : « À l'échelle mondiale, environ 3,4% des personnes atteintes de la COVID 19 dont le cas a été notifié sont décédées. À titre de comparaison, la grippe saisonnière tue généralement moins de 1% des personnes infectées ». Or une publication en date du 12 mars et parue dans la revue *The Lancet Infectious Diseases* (l'une des grandes revues de sciences médicales) revoyait les estimations pour la Chine à 5.6% et celles du reste du monde à près de 15.2%. Baud et al. (2020) sont partis du constat de la situation chinoise et du monde au 1<sup>er</sup> mars. 79 968 patients en Chine et 7169 hors de Chine avaient été testés positifs pour le COVID-19. Parmi les patients chinois, 2873 décès sont survenus, ce qui équivaut à un taux de mortalité de 3-6% (95% CI 3-5-3-7), tandis que 104 décès dus au COVID-19 ont été signalés en dehors de la Chine (1-5% [1-2-1-7]). Ils notent cependant que « *these mortality rate estimates are based on the number of deaths relative to the number of confirmed cases of infection, which is not representative of the actual death rate ; patients who die on any given day were infected much earlier, and thus the denominator of the mortality rate should be the total number of patients infected at the same time as those who died* ». Si l'on ramène le nombre de morts au nombre de personnes infectées, le dénominateur reste donc inconnu car les cas asymptomatiques ou les patients présentant des symptômes très légers peuvent ne pas être testés et/ou identifiés. Ces cas ne sont donc pas inclus dans l'estimation des taux de mortalité réels, puisque les estimations réelles concernent les cas de COVID-19 **cliniquement apparents**. Les auteurs ont ré-estimé les taux de mortalité en divisant le nombre de décès durant un jour donné par le nombre de patients ayant une infection COVID-19 confirmée 14 jours auparavant. Sur cette base, et en utilisant les données de l'OMS sur le nombre cumulé de décès au 1er mars 2020, les taux de mortalité seraient de 5-6 % (95 % IC 5-4-5-8) pour la Chine et de 15-2 % (12-5-17-9) en dehors de la Chine. Les taux de mortalité mondiaux dans le temps en utilisant une estimation du délai de 14 jours sont présentés dans la figure 12, la courbe

---

<sup>27</sup> <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---3-march-2020>

se stabilise à un taux de 5-7 % (5-5-5-9), convergeant avec les estimations actuelles de l'OMS. Les auteurs précisent que les estimations pourraient augmenter si l'on devait considérer un délai plus long entre le début de la maladie et le décès. Une récente estimation ajustée en fonction du délai indique que le taux de mortalité de la COVID-19 pourrait atteindre 20 % à Wuhan, l'épicentre de l'épidémie.

Figure 14 : Taux de mortalité au COVID-19



Source : Baud et al. (2020)

Ces résultats montrent que les chiffres actuels pourraient sous-estimer la menace potentielle de la COVID-19 chez les patients symptomatiques.

(ii) La seconde controverse que nous avons choisie de présenter, concerne l'hydroxychloroquine et donne un excellent aperçu de l'embrasement médiatique et scientifique. Si l'hydroxychloroquine fait l'objet d'une telle attention, c'est notamment qu'elle est connue pour avoir des effets *in vitro* contre plusieurs virus : le virus de la grippe (Paton et al., 2011), le virus Ebola (Donald et al., 2015) ou encore la pandémie en cours (Wang et al., 2020). Toutefois, ces effets n'ont jamais pu être confirmés *in vivo*, chez l'être humain.

Or, depuis la croissance exponentielle du COVID-19, des études tendent à donner une certaine efficacité à ce produit. C'est tout d'abord une étude réalisée en Chine qui a montré que le traitement à la chloroquine des patients atteints de COVID-19 présentait un avantage clinique et virologique par rapport à un groupe de comparaison (Gao et al., 2020). La chloroquine a été ainsi ajoutée comme antiviral recommandé pour le traitement de la COVID-19 en Chine. Ce sont ensuite les travaux publiés par Gautret et al. (17 mars 2020) qui ont indiqué que, malgré la petite taille de l'échantillon (20 cas), « le traitement par l'hydroxychloroquine est significativement associé à une réduction / disparition de la charge virale chez les patients COVID-19 et son effet est

renforcé par l'azithromycine »<sup>28</sup>. De nombreuses critiques de fond ont été présentées sur le site *pubpeer*<sup>29</sup> et celui de l'AFIS<sup>30</sup> (Association Française pour l'Information Scientifique), à savoir l'exclusion de 6 personnes du groupe, absence de répartition aléatoire des groupes « patients traités » et « contrôle », la question de la co-infection dans les deux groupes, le fait que l'un des auteurs est également l'éditeur en chef de la revue... Ainsi, sur le plan strictement scientifique, il semble difficile d'apporter une réponse claire, visant à affirmer l'efficacité du médicament ou au contraire à la réfuter... C'est d'ailleurs en ces termes que les Académies de Médecine et de Pharmacie ont jugé nécessaire de communiquer le 26 mars 2020 : « *Les Académies nationales de Médecine et de Pharmacie constatent, au vu des données actuelles de la science, que la démonstration de l'efficacité clinique de l'hydroxychloroquine n'est pas faite à ce jour. Des présomptions existent cependant, en particulier la négativation de la charge virale d'un certain nombre de patients, qui justifient sa prise en considération par la mise en œuvre urgente d'essais cliniques afin de tester ce produit sur des critères cliniques* ». L'hydroxychloroquine continue à faire l'objet de nombreuses expérimentations en Europe et dans le monde : (1) le projet Discovery lancé par l'INSERM (22 mars 2020) cherchant à évaluer l'efficacité et la sécurité de quatre stratégies (dont l'hydroxychloroquine)<sup>31</sup> thérapeutiques expérimentales qui pourraient avoir un effet contre le COVID-19 au regard des données scientifiques actuelles ; (2) les investigations du CDC<sup>32</sup> (Centers for Disease Control and Prevention) sur le Remdesivir, la chloroquine ou l'hydroxychloroquine.

En l'absence de réponse sur son efficacité et dans un contexte normal « attentes des essais cliniques », la patience serait d'usage. Toutefois, dans le contexte de crise que nous connaissons, la question se pose différemment. La controverse jusqu'ici restée dans le champ scientifique, est devenue un débat de société (voir l'article de Boursorama « *Coronavirus : traité à la chloroquine, Christian Estrosi a "le sentiment d'être guéri* »<sup>33</sup> du 23 mars 2020. Plusieurs élus *Les Républicains* ont même fait monter la pression pour généraliser rapidement l'utilisation de la chloroquine pour traiter le

---

<sup>28</sup> « *Despite its small sample size our survey shows that hydroxychloroquine treatment is significantly associated with viral load reduction/disappearance in COVID-19 patients and its effect is reinforced by azithromycin* » (Gautret et al., 2020).

<sup>29</sup> <https://pubpeer.com/publications/E09AC9D25125B0AB077971FBA6DD7B>

<sup>30</sup> <https://www.pseudo-sciences.org/Coronavirus-la-controverse-autour-de-l-hydroxychloroquine#ref5>

<sup>31</sup> « *Nous avons analysé les données issues de la littérature scientifique concernant les coronavirus SARS et MERS ainsi que les premières publications sur le SARS-COV2 émanant de la Chine pour aboutir à une liste de molécules antivirales à tester : le remdesivir, le lopinavir en combinaison avec le ritonavir, ce dernier traitement étant associé ou non à l'interféron bêta, et l'hydroxychloroquine. La liste de ces médicaments potentiels est par ailleurs basée sur la liste des traitements expérimentaux classés comme prioritaires par l'Organisation Mondiale de la Santé* ». Communiqué salle de presse (INSERM), <https://presse.inserm.fr/lancement-dun-essai-clinique-europeen-contre-le-covid-19/38737/>

<sup>32</sup> <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/therapeutic-options.html#r6><https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/therapeutic-options.html#r6>

<sup>33</sup> <https://www.boursorama.com/actualite-economique/actualites/coronavirus-traite-a-la-chloroquine-christian-estrosi-a-le-sentiment-d-etre-gueri-0feb8b535efea0d3bfa5c1065a442f2e>

coronavirus. Certains (Académies de Médecine et de Pharmacie) insisteront sur le contexte passionnel et hors contrôle des prescriptions, d'autres rappelleront que les questions socialement vives font désormais partie des enjeux de société, qui dépassent le rapport bénéfices-risques. Notons ici que la controverse n'est pas prête de retomber. Le 29 mars 2020, l'agence régionale de santé de Nouvelle-Aquitaine a signalé des cas de toxicité cardiaque à la suite de prises en automédication de Plaquenil (hydroxychloroquine) face à des symptômes évocateurs de Covid-19. Le lundi 30 mars, Dominique Martin, directeur général de l'ANSM, confirmait qu'"une trentaine" d'effets indésirables graves, dont "trois décès" avaient jusqu'à présent été signalés chez des patients atteints de coronavirus et traités par Plaquenil (mais aussi par d'autres médicaments tels que Kaletra, un antirétroviral habituellement indiqué contre le sida associant lopinavir et ritonavir).

- *La dimension technologique* soulève ici deux types interrogations : (i) la capacité à réaliser des tests rapides pour identifier les personnes contaminées ; (ii) la capacité des chercheurs à découvrir et mettre au point un vaccin ; (iii) l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) pour géo-localiser les personnes, voire informer (SMS) les habitants de l'évolution des foyers d'infection.

(i) Si le nombre de personnes contaminés est sous-estimé, la seule solution pour assouplir le confinement et éviter les récurrences consisterait à tester massivement toute la population. Ce qui reviendrait à faire des tests plus rapidement. L'industriel allemand Bosch<sup>34</sup> a annoncé, le 26 mars, la mise au point d'un test ultra-rapide, qui fournit un résultat en deux heures trente. Totalement automatique, il peut être réalisé sur le lieu de prélèvement, évitant le transport vers les laboratoires d'analyse. Le test utilise une cartouche qui contient déjà tous les réactifs nécessaires. Une fois l'échantillon prélevé dans le nez et la gorge du patient, la cartouche est insérée dans le dispositif d'analyse Vivalytic. Chaque analyseur peut effectuer jusqu'à dix tests en l'espace de 24 heures. De plus, il permet de vérifier aussi neuf autres maladies respiratoires, y compris la grippe A et B. Ce diagnostic différentiel permet aux médecins de gagner du temps pour d'autres tests, afin de débiter un traitement approprié plus rapidement.

(ii) La production d'un vaccin ne peut constituer en elle-même une réponse à la pandémie, notamment parce que pour être utilisée à grande échelle, il faut compter une bonne année. L'Agence Européenne des Médicaments (EMA) a indiqué fin mars que deux vaccins étaient entrés dans une première phase d'essais cliniques, menés sur des volontaires. Aux Etats-Unis, la société pharmaceutique Johnson & Johnson a annoncé - le 30 mars - avoir sélectionné un vaccin candidat qui doit être testé sur les humains d'ici septembre et qui pourrait être prêt à une utilisation d'urgence d'ici le début de l'année 2021. La compagnie pharmaceutique Moderna ainsi que le groupe chinois CanSinoBIO ont également annoncé avoir commencé des essais cliniques.

---

<sup>34</sup> La division santé Healthcare Solutions de Bosch, en partenariat avec le laboratoire britannique Randox Laboratories.



(iii) L'usage des nouvelles technologies – notamment la géolocalisation – offre d'énormes potentialités. En effet, il est possible pour un opérateur téléphonique de s'appuyer sur les données de ses millions d'abonnés au téléphone mobile pour les extrapoler à l'échelle de la population française, et ainsi fournir aux autorités sanitaires, une indication des mouvements de population afin d'anticiper d'éventuels foyers de contamination. Ces données pourraient être transmises à des préfetures, à l'Institut National de la Santé, aux hôpitaux ou encore au SAMU. La question sensible de l'utilisation des données personnelles peut se poser toutefois, dans ce cas précis, il s'agit de transmettre aux services de l'Etat et de Santé, des agrégats statistiques (il s'agit de savoir combien de personnes se trouvent sur une partie du territoire à une date donnée). Dans le cas français, l'opérateur Orange a montré que 1.2 millions de personnes avaient quitté le Grand-Paris entre le 13 et le 20 mars 2020 (*Les Echos*<sup>35</sup> du 27 mars). Des augmentations de populations ont ainsi pu être comptabilisées sur l'île de Ré (+ 30%), les départements de l'Orne et de l'Yonne (+10%) ou encore celui de l'Ille et Vilaine (+6%).

Un grand nombre de pays ont sollicité les opérateurs télécoms afin de cartographier l'évolution de la pandémie : le gouvernement belge a mobilisé les opérateurs Proximus et Telenet pour travailler sur des cartes de mobilité ; les Etats-Unis ont commencé à discuter avec Facebook et Google pour utiliser leurs données de géolocalisation afin d'anticiper et d'identifier les prochains foyers de coronavirus ; Israël a travaillé avec les opérateurs télécoms pour utiliser les données de géolocalisation afin de prévenir par SMS les personnes ayant été en contact avec des cas confirmés de coronavirus<sup>36</sup> (les méthodes traditionnelles de traçage sont trop lentes face au virus).

- *La dimension sociale* peut être appréhendée par les trois facteurs suivants : (i) les comportements des citoyens et le civisme ; (ii) la démographie et (iii) la qualité du système de santé. Si la France a choisi la stratégie du confinement, il convenait de mettre en place très rapidement un système permettant de mobiliser tout l'appareillage technologique (caméras vidéo) et humain (mobilisation très tôt de l'armée et de la police) de manière à limiter les mobilités (la France a déployé 100 000 hommes des forces de l'ordre pour sanctionner les violations d'interdiction de se déplacer, le 18 mars 2020). Or un tel dispositif doit reposer sur des valeurs citoyennes fortes et un civisme rompu à toute épreuve, or comme l'ont montré Algan et Cahuc (2007) dans un ouvrage intitulé *La société de défiance*, « les français, plus souvent que les habitants des autres pays, se méfient de leurs concitoyens, des pouvoirs publics et du marché. Cette défiance va de pair avec un incivisme plus fréquent dans des domaines essentiels au bon fonctionnement de l'Economie et l'Etat Providence » (2007, p. 7). Le 18 mars 2020, près de

---

<sup>35</sup> <https://www.lesechos.fr/tech-medias/hightech/coronavirus-la-geolocalisation-des-telephones-confirme-lexode-de-parisiens-1189565>

<sup>36</sup> Apple et Google cherchent à intégrer au système d'exploitation des téléphones un outil de traçage que les utilisateurs pourraient choisir d'activer – de façon anonyme – pour savoir s'ils se sont trouvés en présence de cas identifiés.

4095 amendes ont été dressées (*L'Express*<sup>37</sup> du 18 mars). Si la stratégie du confinement est pertinente lorsque la population est bien disciplinée, elle se révèle inappropriée dans le cas français... Une mesure forte pour dissuader les habitants de bouger, aurait été de fixer des amendes très importantes, or l'amende de 38 euros décrétée le 16 mars, puis élargie à 135 euros et enfin à 200 euros (le 29 mars) pour une deuxième violation du non-respect des règles de confinement dans les 15 jours (450 euros en cas de majoration, non-paiement dans les 45 jours), reste symbolique (l'Autriche a fixé l'amende à 3600 euros dans le cas de rassemblements de plus de 5 personnes ; la Russie a mis en place une amende de 950 euros en cas de non-respect de l'obligation de rester confiné à son domicile pendant 14 jours si déplacement en Chine, Corée du Sud, Iran, Italie, France, Allemagne ou Espagne). Par ailleurs, et toujours pour mettre en exergue ce manque de civisme, il convient de préciser – selon les données de l'opérateur Orange, que près de 17% des habitants du Grand Paris avaient quitté la région pendant la semaine où ont été annoncées les mesures de confinement.

La question démographique (et plus précisément la pyramide des âges) et la qualité du service de santé constituent deux autres facteurs importants dans la propagation du virus. Le cas de l'Italie est très symptomatique et permet de mettre en lumière une boucle importante du modèle. L'Italie est à ce jour, le deuxième plus gros foyer de contamination (plus de 100 000 personnes contaminées) après les Etats-Unis (plus de 160 000 contaminés). L'évolution a été fulgurante car le mercredi 11 mars, l'Italie ne comptait que 10 000 personnes infectées et près de 600 décès. Le territoire italien est passé sous confinement total, le 10 mars. Alors que la France ne connaît pas (encore) cette situation<sup>38</sup>, il est utile de préciser que la situation italienne repose sur une spécificité, sa démographie. En effet, les premiers résultats de la pandémie ont révélé que le COVID-19 touchait avec virulence les hommes et les femmes dont le système immunitaire était déjà affaibli. La mortalité touche donc principalement les personnes immuno-déficientes (cancers, diabète, asthme, hypertension<sup>39</sup>) mais également les personnes âgées. Une étude réalisée par le Centre Chinois de contrôle des maladies (Chinese Center for Disease Control and Prevention<sup>40</sup>), du 31 décembre 2019 au 11 février 2020, a révélé (voir figure 14) que là où le taux de mortalité était seulement de 0.4% pour la classe d'âge (40-49 ans), il grimpeait à 1.3% pour la classe d'âge (50 - 59 ans), puis à 8% pour la classe d'âge (70 - 79 ans), pour finalement atteindre 14.8% pour les plus de 80 ans. C'est donc essentiellement dans la démographie (et peut-être aussi dans le fait que l'Italie n'était pas préparée à une telle virulence du virus) qu'il faut

<sup>37</sup>[https://www.lexpress.fr/actualite/societe/sante/en-direct-coronavirus-premier-reveil-en-confinement-un-traitement-prometteur\\_2121200.html](https://www.lexpress.fr/actualite/societe/sante/en-direct-coronavirus-premier-reveil-en-confinement-un-traitement-prometteur_2121200.html)

<sup>38</sup> A l'heure où nous écrivons, la France accuse près de 45 000 contaminés, toutefois si la règle des 2.5 - 1 personne contamine 2.5 personnes - s'applique et si la période d'incubation est en moyenne de 5-6 jours, on peut imaginer que la France aura franchi les 100 000 cas de contaminés dès le 6 avril 2020.

<sup>39</sup> On retrouve ces profils parmi les victimes d'autres pays. Ainsi, en Italie, parmi les 14 premières victimes, l'une était hospitalisée pour un cancer, un autre avait fait un infarctus quelques jours plus tôt, un troisième souffrait de pathologies du coeur et était dialysé, et au moins deux autres avaient de graves maladies.

<sup>40</sup> <http://weekly.chinacdc.cn/fileCCDCW/journal/article/ccdcw/2020/8/PDF/COVID-19.pdf>

rechercher l'explication d'une telle contamination. On verra par la suite, qu'à cette dimension sociale (démographique), il faut ajouter une dimension culturelle, bien présente dans la culture méditerranéenne.

*Tableau 3 : Personnes contaminées, décès et taux de mortalité, Mainland Chine*

Baseline characteristics	Confirmed cases, N (%)	Deaths, N (%)	Case fatality rate, %	Observed time, PD	Mortality, per 10 PD
Overall	44,672	1,023	2.3	661,609	0.015
Age, years					
0-9	416 (0.9)	-	-	4,383	-
10-19	549 (1.2)	1 (0.1)	0.2	6,625	0.002
20-29	3,619 (8.1)	7 (0.7)	0.2	53,953	0.001
30-39	7,600 (17.0)	18 (1.8)	0.2	114,550	0.002
40-49	8,571 (19.2)	38 (3.7)	0.4	128,448	0.003
50-59	10,008 (22.4)	130 (12.7)	1.3	151,059	0.009
60-69	8,583 (19.2)	309 (30.2)	3.6	128,088	0.024
70-79	3,918 (8.8)	312 (30.5)	8.0	55,832	0.056
≥80	1,408 (3.2)	208 (20.3)	14.8	18,671	0.111
Sex					
Male	22,981 (51.4)	653 (63.8)	2.8	342,063	0.019
Female	21,691 (48.6)	370 (36.2)	1.7	319,546	0.012
Occupation					
Service industry	3,449 (7.7)	23 (2.2)	0.7	54,484	0.004
Farmer/laborer	9,811 (22.0)	139 (13.6)	1.4	137,992	0.010
Health worker	1,716 (3.8)	5 (0.5)	0.3	28,069	0.002
Retiree	9,193 (20.6)	472 (46.1)	5.1	137,118	0.034
Other/none	20,503 (45.9)	384 (37.5)	1.9	303,946	0.013

Source : Chinese Center for Disease Control and Prevention (2020, p. 115)

Selon la Banque mondiale, 23% de la population italienne est âgée de 65 ans ou plus (alors qu'il est de 20% en France). Cette situation a des conséquences sur l'âge médian : 47 en Italie contre 41 ans en France.

*Tableau 4: répartition hommes/femmes par classes d'âges en Italie*

Groupes d'âges	Nombre d'hommes	% des hommes	Nombre de femmes	% des femmes	Ratio femmes / hommes
0-4 ans	1 280 654	4,35	1 205 973	3,90	0,94
5-9 ans	1 411 988	4,79	1 330 137	4,30	0,94
10-14 ans	1 486 017	5,04	1 405 108	4,54	0,95
15-19 ans	1 467 468	4,98	1 393 743	4,50	0,95
20-24 ans	1 493 408	5,07	1 421 306	4,59	0,95
25-29 ans	1 560 003	5,29	1 494 085	4,83	0,96
30-34 ans	1 640 306	5,57	1 587 919	5,13	0,97
35-39 ans	1 838 100	6,24	1 796 815	5,80	0,98
40-44 ans	2 185 895	7,42	2 156 711	6,97	0,99
45-49 ans	2 439 593	8,28	2 441 198	7,89	1,00
50-54 ans	2 422 787	8,22	2 475 650	8,00	1,02
55-59 ans	2 211 067	7,50	2 302 305	7,44	1,04
60-64 ans	1 882 529	6,39	2 012 029	6,50	1,07
65-69 ans	1 744 815	5,92	1 926 894	6,22	1,10
70-74 ans	1 535 515	5,21	1 765 945	5,70	1,15
75-79 ans	1 188 586	4,03	1 482 703	4,79	1,25
80 ans et plus	1 683 263	5,71	2 760 766	8,92	1,64
Totaux	29 471 995	100,00	30 959 288	100,00	1,05

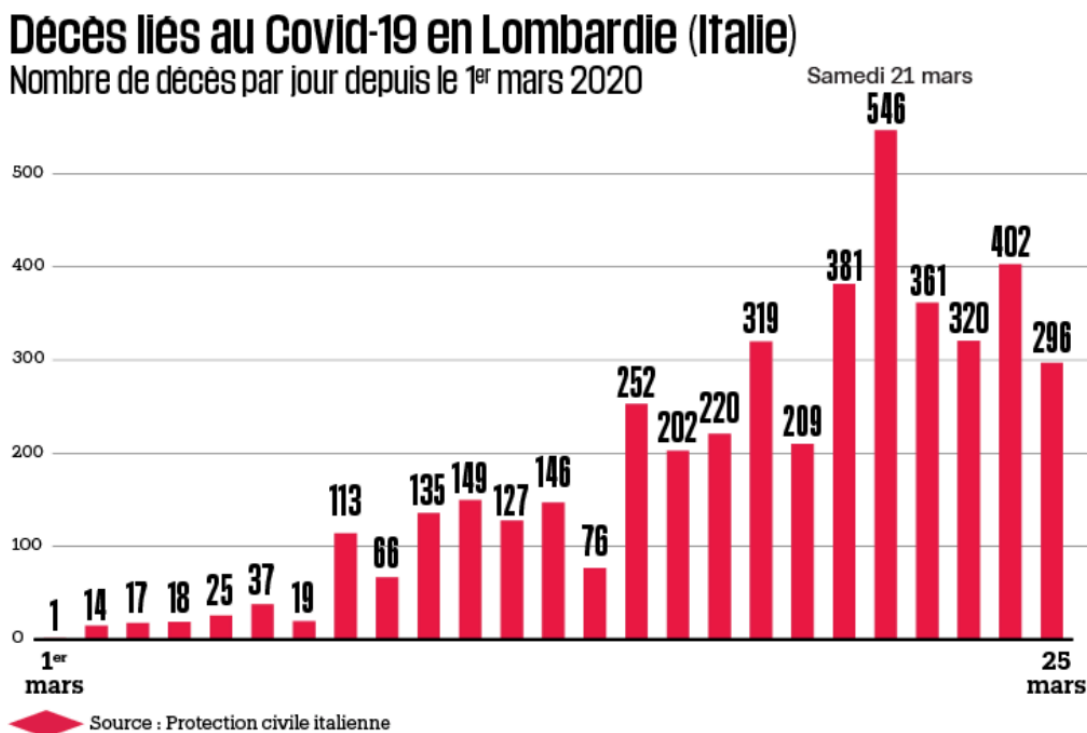
Source : Banque Mondiale

Alors que le taux de létalité global pour le coronavirus est encore en cours d'évaluation (estimé le 5 mars 2020 à 3,4 % par l'Organisation mondiale de la santé), la grande

majorité des cas détectés en Italie concernait des personnes entre 80 et 90 ans, le taux de létalité étant lui-même évalué à 4,25%<sup>41</sup>.

Cette spécificité italienne a entraîné une conséquence importante : plus la population est âgée et fragile, plus le virus se propage, plus les services hospitaliers sont engorgés dans les régions les plus touchées (notamment la Lombardie).

Figure 15 : Décès liés au COVID 19 en Lombardie



Ainsi, les autorités sanitaires ont été dépassées<sup>42</sup>, les cas de personnes contaminées n'ont pas pu être pris en charge à temps. Précisons que cette chaîne de causalité doit être toujours replacée dans un contexte : l'Italie est le premier à être touché et donc à faire les frais de son absence de préparation.

Si l'on compare la situation italienne à celle de la France, on constate également une forte mortalité des personnes ayant plus de 65 ans, avec un épïcêtre autour de celles qui ont plus de 75 ans (près de 80% des décès). Si on ajoute la tranche 65 - 74 ans, cette proportion passe à près de 92%. Ces chiffres rappellent une certaine réalité des pandémies<sup>43</sup>. Le vieillissement de la population des pays occidentaux les expose de plus en plus aux ravages des virus et les lieux d'hébergement de cette population<sup>44</sup> (les

<sup>41</sup> <https://www.thelocal.it/20200305/analysis-why-have-there-been-so-many-coronavirus-deaths-in-italy>

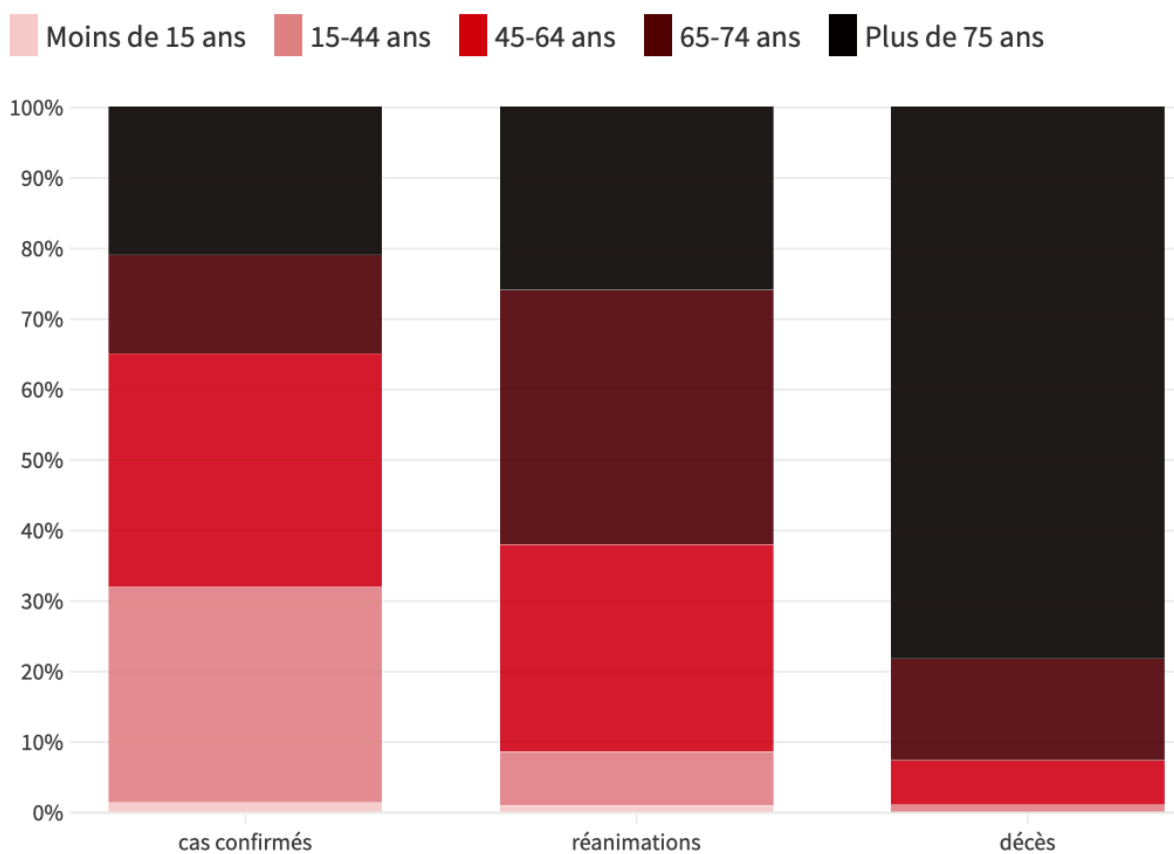
<sup>42</sup> <https://www.nouvelobs.com/coronavirus-de-wuhan/20200309.OBS25821/dans-le-nord-de-l-italie-on-doit-choisir-qui-soigner-comme-en-situation-de-guerre.html>

<sup>43</sup> L'absence de victimes chez les plus jeunes est ici assez surprenant car les nourrissons et les jeunes enfants font habituellement partie des personnes vulnérables aux maladies infectieuses.

<sup>44</sup> Le territoire français compte plus de 1,5 million de **personnes** dites dépendantes, dont 55% d'entre elles en dépendance totale (les établissements publics de retraite représentent 600 000 lits, alors que les 30 principaux groupes privés comptent quant à eux un peu plus de 85 000 places). Selon l'INSEE, dans

EPHAD) constitue une bombe à retardement (le lundi 23 mars 2020, ce sont près de 20 morts qui ont été répertoriés dans un établissement d’hébergement pour personnes âgées dépendantes). La nécessité de réaliser des tests à grande échelle avec un confinement total des personnes infectées n’est donc plus à démontrer... Elle doit s’imposer dès les premiers cas infectés et être prolongée durant toute la période de l’épidémie (même au stade le plus critique du nombre de personnes hospitalisées).

Figure 16 : Répartition des cas confirmés, des cas en réanimation et des décès par tranche d’âge



Source : Santé Publique France – ESRI France

- *La dimension culturelle* est également source de controverses, rappelons que dans le triste épisode du VIH, sur quelques 30 millions de personnes atteintes, près de 21 millions vivaient au Sud du Sahara (1997). Jean-Pierre Dozon (2001) n’hésitait pas à titrer un chapitre de son ouvrage codirigé avec D. Fassin, « *Le Sida et l’Afrique ou la causalité culturelle en question* ».

Dans le cas du COVID 19, les cas du Japon et de l’Italie pourraient bien illustrer l’émergence d’une controverse, même si aujourd’hui, on cherche davantage à expliquer comment le Japon (127 millions d’habitants concentrés dans d’immenses

---

dix ans le **nombre de personnes** de plus de 85 ans représentera 2 millions d’individus en France. L’élévation du niveau de vie ainsi que l’allongement de l’espérance de vie et l’arrivée en retraite des baby-boomers, vont accroître la part d’individus de plus de 80 ans. Entre 2005 et 2050, la population des plus de 65 ans connaîtra une hausse de 80% (passant de 10 à 18 millions de personnes). Les plus de 60 ans représenteront 33 % de notre population à l’horizon 2040, contre 21% en 2000.

agglomérations) parvient à mieux résister au virus que l'Italie (60 millions d'habitants). Le Japon a confirmé son premier cas de contamination le 15 janvier 2020, le 15 mars, le virus avait infecté plus de 700 personnes et en avait tué 21. Au 30 mars, le pays comptait moins de 2000 personnes infectées et 50 morts. A l'opposé, l'Italie a confirmé son premier cas le 3 mars, et depuis enregistre l'une des croissances les plus fortes de la pandémie. Au 30 mars, le pays enregistrerait près de 97 689 cas de contamination et près de 10 779 morts.

Si de nombreux commentateurs<sup>45</sup> insistent sur le fait que le Japon a mis en place très tôt un système de détection des foyers de contamination (tests) et isolé rapidement les personnes infectées. Il convient de remarquer que ce pays n'a pas formellement interdit les regroupements mais plutôt inciter les habitants à les éviter. De ce fait, trois traits culturels pourraient avoir joué un rôle important dans la capacité du pays à contenir la pandémie : la discipline ; le fait que l'hygiène soit une valeur importante au Japon et que le masque fasse partie des habitudes des habitants ; l'existence d'une certaine distanciation sociale dans la société nipponne,

*La discipline* a toujours constitué une qualité, voir une vertu au pays du soleil levant. Elle est aussi importante que l'intelligence ou la culture des arts. Pas de discipline sans une bonne organisation, laquelle permet de gagner du temps et en efficacité. L'engagement de chacun est primordial.

*L'hygiène* fait partie intégrante de la culture japonaise, il s'agit à la fois d'un savoir vivre en collectivité (propreté de tous les lieux publics : métros, trains, toilettes, magasins...), du respect d'une stricte hygiène quotidienne (individuelle) et d'une question d'équilibre de vie (tout ce qui est sale et désordonné affecte le bien-être et l'esprit). Afin d'éviter de tomber malade ou de ne pas contaminer autrui quand on l'est, le port du masque est une habitude très ancrée chez les japonais. Par ailleurs, la langue japonaise s'est constituée autour de mots qui revendiquent un tel état d'esprit, qu'il s'agisse du mot *Seiri* (jeter ce qui n'est plus utile), du mot *Seiton* (tout doit avoir sa place), du mot *Seiso* (tout le monde, y compris les enfants, doit veiller à ce que les lieux publics et privés soient maintenus propres), du mot *Seiketsu* (avoir des règles de propreté normalisées et compréhensibles par tous) ou encore le mot *Shitsuke* (qui signifie discipline et implique le respect quotidien).

Dans son analyse de la propagation du virus par les contacts humains, Saïd Mahrane (2020) n'hésitait pas rappeler un cliché qui a fait longtemps recette : « *il est connu que les Méditerranées sont tactiles, que les Américains apprécient les hugs et que les asiatiques, en revanche, sont généralement plus distants*<sup>46</sup> ». Ainsi, la distanciation sociale décrétée dans de nombreux pays pour limiter la pandémie, pourrait être d'abord une affaire de culture. Dans le cas du Japon, cette distanciation sociale lui aurait permis de minimiser

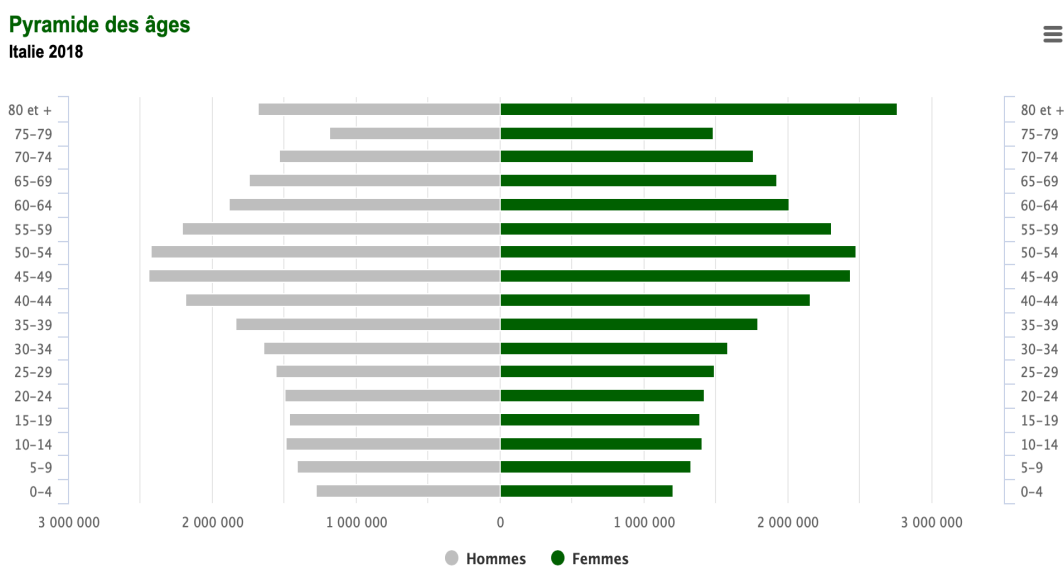
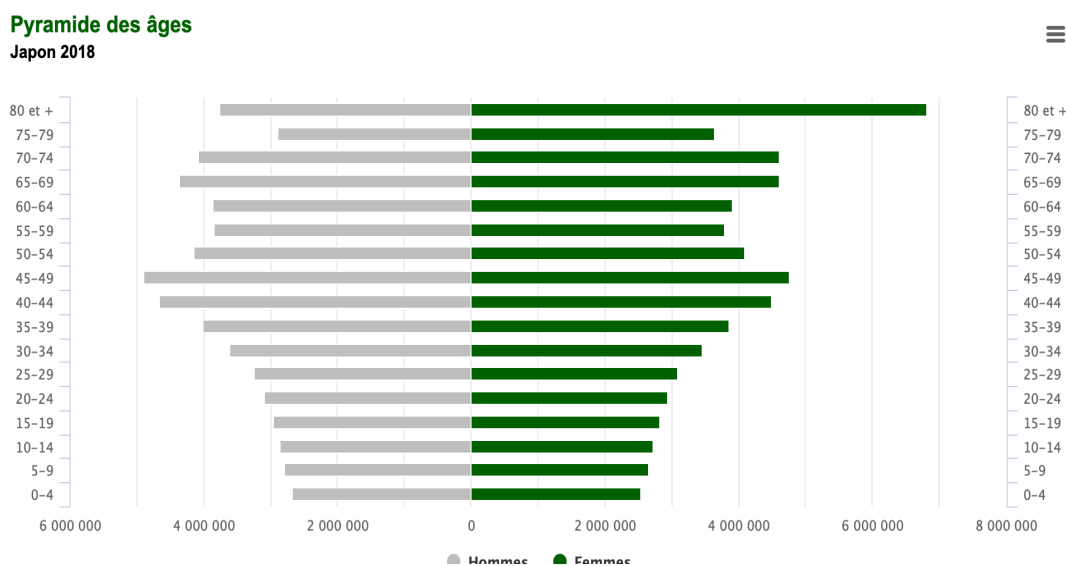
---

<sup>45</sup> <https://www.cnews.fr/monde/2020-03-15/pourquoi-le-japon-semble-t-il-mieux-resister-au-coronavirus-936203>

<sup>46</sup> [https://www.lepoint.fr/societe/coronavirus-pourquoi-on-aime-se-toucher-en-italie-et-pas-au-japon-29-03-2020-2369237\\_23.php](https://www.lepoint.fr/societe/coronavirus-pourquoi-on-aime-se-toucher-en-italie-et-pas-au-japon-29-03-2020-2369237_23.php)

les risques de contagion... Ce dernier point est particulièrement intéressant car il renvoie directement à la controverse que nous évoquions au début de ce point, et qui trouve dans la démographie, une tentative d'explication. Le COVID-19 dans sa forme actuelle, touche en grande partie les personnes âgées ou atteintes d'autres pathologies, il paraît donc logique de voir plus de malades en Italie, pays dont la population est l'une des plus âgées au monde, après le Japon

Figure 17 : Pyramide des âges au Japon et en Italie (2018)



Source : Banque Mondiale

Le problème doit donc être cherché ailleurs. Un article publié par Jennifer Downd et al., le 15 mars 2020 et commenté dans le *World Economic Forum* du 18 mars 2020, a soulevé un point intéressant. Si les auteurs ont relevé une puissante interaction entre la démographie et la mortalité du COVID-19, ils avancent l'idée que « *this powerful interaction of demography and current age-specific mortality for COVID-19 suggests that social distancing and other policies to slow transmission should consider both the age*

*composition of local and national contexts as well as the social connectedness of older and younger generations* ». Autrement dit, lorsque l'on cherche à faire un lien entre la distance sociale et le ralentissement de la pandémie, il conviendrait de prendre en compte, à la fois la composition de la population par âge, les contextes locaux et nationaux ainsi que les liens entre les générations. Une lutte efficace contre la pandémie aurait donc voulu que le virus n'entre pas en contact avec les personnes âgées. Or rappellent les auteurs, l'Italie est un pays caractérisé « *by extensive intergenerational contacts which are supported by a high degree of residential proximity between adult children and their parents. Even when inter-generational families do not live together, daily contacts among non-co-resident parent-child pairs are frequent. Many Italians also often prefer to live close to their extended family and commute to work daily. According to the latest available data by the Italian National Institute of Statistics, this extensive commuting affect over half of the population in the northern regions. These intergenerational interactions, co-residence, and commuting patterns may have accelerated the outbreak in Italy through social networks that increased the proximity of elderly to initial cases* » (2020, p. 1). La famille élargie est un pilier de la société italienne, les grands-parents vont chercher leurs petits enfants à l'école, les gardent, font les courses de leurs enfants de 30 à 40 ans, ils s'exposent de fait, à la contagion.

Bien entendu, cette hypothèse n'invalide pas la situation que nous avons décrite plus haut : l'Italie a été victime de la soudaineté de l'épidémie (elle est arrivée près de 10 jours plus tôt que l'Allemagne ou les Etats Unies) ; le cas italien a amené de nombreux pays à prendre des dispositions drastiques (confinement) ; la forte proportion de personnes âgées dans la population explique le nombre de morts ; les services hospitaliers ont très vite été dépassés par l'urgence de la situation (en Lombardie, les médecins ont du faire des choix dans les personnes qui devaient être soignées). Néanmoins, elle ouvre de nouvelles perspectives dans la lutte contre la pandémie. Downd et al. proposaient ainsi que « *In aged populations with close intergenerational ties, governments need to facilitate childcare solutions that reduce contact. In a pending decree, for instance, the Italian government will introduce a special leave for parents with children at home from school and a voucher (around 600 euros) for babysitting* » (2020, p. 3).

- **La dimension écologique** s'est très vite invitée au banc des principaux sujets de discussions. La pandémie nous a fait redécouvrir un concept bien connu en dynamique des systèmes – la limite des systèmes. Une bonne partie de l'humanité est aujourd'hui confinée et immobilisée dans ses moindres déplacements. Le confinement en attente d'une réduction significative du nombre de morts et de personnes contaminées, mais également dans la perspective de découvrir un vaccin. Ce vaccin sera bien entendu découvert, les équipes médicales du monde entier ont entamé une véritable course, commencée le 7 janvier 2020. Toutefois, le virus reviendra, année après année, sous des formes multiples, peut-être même plus résistantes. Les pandémies ne datent pas d'hier, elles existent depuis des décennies, notamment depuis que nous modifions les habitats naturels des animaux. Néanmoins, nous



manquons cruellement d'informations et de connaissances pour endiguer ces crises et peut être modifier nos comportements. Le COVID-19 vient s'ajouter à la longue liste des virus 'pandémiques' tels que Zika<sup>47</sup> (1947, 1970) ; Ebola<sup>48</sup> (1976), le SRAS<sup>49</sup> (2002) ou encore Nipah<sup>50</sup> (1998). Avec des taux de létalité (risque d'entraîner la mort pour une maladie donnée) compris entre 40 et 75%, l'OMS considère que les virus Zika, Ebola et Zika sont les maladies prioritaires à surveiller. La fréquence de ces pandémies s'est accélérée ces dernières années : Zika (2013-2014, 2016), Ebola (2016, 2020), SRAS (2003), NIPAH (2004, 2019) et la tendance pourrait bien se poursuivre.

Pour bon nombre d'écologistes et de spécialistes de la biodiversité, les pandémies ne seraient que le reflet d'une dynamique systémique, induite par nos modes de vie et la destruction des habitats des animaux sauvages (Chansigaud, 2013, 2015). Notons qu'à l'image du COVID-19, les virus EBOLA et NIPAH renvoient également à une contamination par des chauves-souris frugivores (et par un hôte intermédiaire). Dans le cas d'Ebola, des liens de causalité ont été établis avec la déforestation massive en République Démocratique du Congo (et donc la destruction des habitats des chauves-souris). En 2019, Global Forest Watch (le projet d'observation par satellites conduit par l'Université du Maryland aux Etats-Unis) montrait que la RDC – qui abrite près de la moitié de la forêt africaine – continuait à perdre son capital de biodiversité à un rythme exponentiel. En 2018, la RDC a enregistré une réduction de la superficie de ses forêts primaires de 481 000 hectares, confirmant son deuxième rang derrière le Brésil et devant l'Indonésie (en 15 ans, la RDC a perdu 6% de son couvert forestier). En 2019, l'Institut National de la Recherche Spatiale (INPE) a estimé que 7853 km<sup>2</sup> avaient été dévastés de janvier à septembre contre 4075 km<sup>2</sup> sur la même période en 2018 (soit

---

<sup>47</sup> Le virus Zika est un *Flavivirus* transmis par les moustiques du genre *Aedes*. Il est répandu en Asie et en Afrique, et a récemment émergé en Amérique centrale et en Amérique du Sud. La maladie qu'il provoque se manifeste trois à douze jours après la piqûre de l'insecte vecteur, par divers symptômes, évoquant ceux de la dengue ou du chikungunya, eux aussi véhiculés par ce même moustique : fièvre, maux de tête, éruption cutanée, fatigue, douleurs musculaires et articulaires (<https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/zika>).

<sup>48</sup> Le virus Ebola a été observé pour la première fois en 1976, lors de deux flambées simultanées au Soudan (151 morts) et en République démocratique du Congo (280 morts). Il a été baptisé « Ebola », du nom d'une rivière coulant dans ce dernier pays. L'OMS a annoncé en juin 2016, la fin officielle de l'épidémie (le bilan fait état de 28 000 cas officiellement déclaré et près de 110 000 décès, il s'agit de la plus importante épidémie à ce jour - <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/ebola>) toutefois l'OMS annoncé des flambées épidémiques à virus Ebola les 19 et 20 mars 2020 en République Démocratique du Congo.

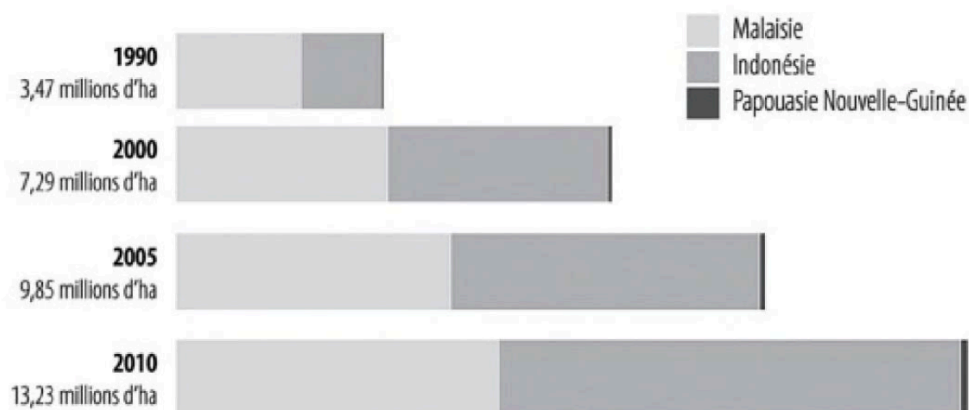
<sup>49</sup> Le SRAS (syndrome respiratoire aigu sévère) est la première maladie grave et transmissible à émerger au XXI<sup>e</sup> siècle. L'épidémie, partie de Chine fin 2002, a éclaté au niveau mondial en 2003 faisant plus de 8000 cas et près de 800 morts. Grâce à l'alerte mondiale déclenchée le 12 mars 2003 par l'OMS, l'épidémie a pu être endiguée par des mesures d'isolement et de quarantaine. (<https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/sras>).

<sup>50</sup> Le virus Nipah a été identifié pour la première fois en 1998 au cours d'une flambée à Kampung Sungai Nipah, en Malaisie (260 morts au Bangladesh et en Inde). L'hôte intermédiaire était alors le porc mais lors de flambées postérieures, il n'y avait pas d'hôte intermédiaire. En 2004, au Bangladesh, des personnes ont été infectées par le virus Nipah après avoir consommé du jus frais de palmier-dattier qui avait été contaminé par des chauves-souris frugivores. Le virus a été une nouvelle fois diagnostiqué en Inde (2019).

une augmentation de 93%). En Indonésie, ce sont près de 10 millions d'hectares de palmiers qui sont désormais cultivés (la superficie de l'Islande).

Les apparitions ou réapparitions de Zika au Brésil (2013-2014), d'Ebola en RDC (2020) ou encore de Nipah (2019) en Indonésie sont des signes palpables de la crise écologique, et de ce fait, nous interrogeons sur notre mode de vie et les conséquences qu'elles génèrent sur la Nature. Ce phénomène récurrent de destruction est régulièrement mis en lumière. Agus et al. (2013), Chansigaud (2015) rappellent qu'au début des années 2000, l'accélération de la déforestation pour la culture du palmier à huile coïncide aux premières observations d'un grand nombre de cas de paludisme à Plasmodium Knowlesi (présenté aujourd'hui comme la cinquième forme de paludisme humain).

Figure 18 : Causalité entre Paludisme et déforestation



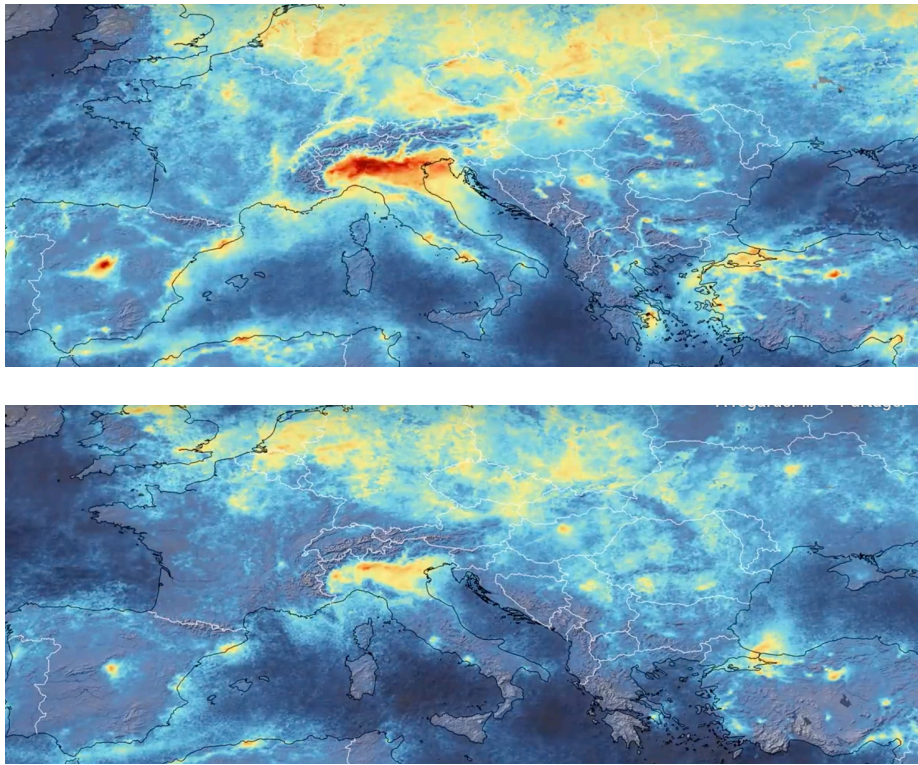
Source : Agus et al. (2013), Chansigaud (2015)

Toutefois, la polémique environnementale ne s'arrête pas là... Le COVID 19 est en train de nous démontrer que l'ère de l'Anthropocène est bien une réalité à laquelle nous pouvons trouver des solutions<sup>51</sup>. En effet, lorsque l'activité économique et les déplacements (transports routiers et aériens) s'arrêtent, c'est toute la pollution atmosphérique qui est réduite. Les images envoyées par le Satellite Copernicus - Sentinel-5P de l'Agence Spatiale Européenne nous montrent une réelle décroissance des niveaux de pollution (émissions de dioxyde d'azote<sup>52</sup>), notamment sur l'Italie du Nord (bassin industriel touché par le confinement), la ville de Madrid ou encore l'ensemble de l'Europe.

<sup>51</sup> L'**Anthropocène** est une époque de l'histoire de la Terre qui a été proposée pour caractériser l'ensemble des événements géologiques qui se sont produits depuis que les activités humaines ont une incidence globale significative sur l'écosystème terrestre

<sup>52</sup> Le **dioxyde d'azote** est un polluant caractéristique du trafic automobile et marin, c'est pourquoi il se concentre le long des voies de circulation. Il est également émis par les centrales électriques et les installations industrielles. Le NO<sub>2</sub> est un gaz oxydant puissant, qui pénètre facilement dans les poumons. A des concentrations dépassant 200 µg/m<sup>3</sup> sur de courtes périodes, il provoque des irritations et des inflammations de l'appareil respiratoire et une augmentation de l'hyperréactivité bronchique chez les asthmatiques. Enfin, le NO<sub>2</sub> réagit dans l'air des villes et contribue à la formation d'autres polluants, ozone et particules secondaires

Figure 19 : Fluctuations des émissions de dioxyde de Carbone à travers l'Europe  
11 janvier – 11 mars 2020

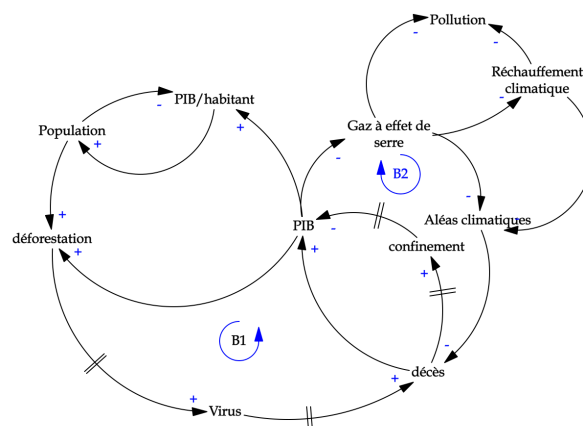


Source : [https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-5P](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P)

A ceux qui étaient encore sceptiques sur les conséquences des activités humaines sur la planète, les images de Copernicus - Sentinel 5P sont assez remarquables, notamment dans la détection des signaux de baisse d'activité liée aux mesures de confinement mises en place dans de nombreux pays.

Les deux dimensions environnementales sont introduites dans le modèle via deux boucles de régulation (B1, B2), la boucle de déforestation qui engendre le confinement et la baisse d'activité, et la boucle GES (gaz à effets de serre) qui établit un lien direct entre baisse d'activité et réduction de la pollution.

Figure 20 : les deux boucles environnementales



- *La dimension économique* constitue à elle-seule, un véritable vivier de controverses. Dans ce qui suit, nous avons choisi de nous intéresser aux quatre questions suivantes, qui décrivent assez bien la situation exceptionnelle à laquelle nous faisons face, en France et dans le monde entier : (i) le confinement nous fait basculer dans une économie de guerre, (ii) le cocktail Arrêt maladies – télétravail – chômage partiel et chômage total reflète une dégradation progressive de l'économie, (iii) le confinement et sa prolongation font entrer les différentes économies dans un cycle de crise, voire d'effondrement ; (iv) Y'aura-t-il un après COVID 19 ?

(i) Le confinement, décrété le 17 mars 2020 en France, n'est pas seulement un barrage que le gouvernement a édifié pour éviter la saturation des services hospitaliers, c'est également l'entrée dans une **économie de guerre**. Economie de guerre car la France a fait paraître un décret du 15 mars 2020 (paru au journal officiel n°0065 du 16 mars 2020) précisant les secteurs d'activité qui devaient s'arrêter et ceux qui devaient continuer à fonctionner. Les commerces français peuvent continuer à recevoir du public, notamment les grandes surfaces de différentes tailles, les supérettes, les supermarchés et les hypermarchés. S'y ajoutent les pharmacies, les marchands de journaux, les banques, les revendeurs d'équipements d'automobiles et de deux roues, les fournisseurs des agriculteurs ainsi que leurs équipementiers, les vendeurs et réparateurs d'ordinateurs ou de téléphonie. L'Alimentation et la santé sont en première ligne. Economie de guerre car deux jours après le passage en stade 3, la crainte de la pandémie a vidé une grande partie des rayons des magasins, les français et de nombreux européens se sont rués sur les produits stockables tels que la farine, les pâtes, le papier-toilette...De véritables queues d'attente se sont formées aux boulangeries, chez les bouchers... Economie de guerre car tous les déplacements doivent désormais être assortis d'une attestation obligatoire pour se déplacer, tout contrevenant se voyant affligé d'une amende. Economie de guerre car de nombreuses entreprises de tous secteurs (et notamment du textile) ont reconverti provisoirement leurs usines dans la production de masques ou la fabrication de gels hydro alcooliques. Economie de guerre enfin car le virus représente un défi majeur pour les Etats-Nations et l'Europe, celui de maintenir leurs institutions en état de marche, et ce malgré l'épidémie. Le Parlement Européen a ainsi décidé de ne plus se réunir en session plénière avant le mois de mai.

(ii) Le confinement, c'est aussi l'arrêt de l'outil productif (durant la seconde quinzaine de mars, la France a tourné à 25% de ses capacités) et la fermeture de tous les établissements d'éducation. Ce basculement dans l'autarcie et le repli s'est dans un premier temps traduit par une hausse des arrêts maladie<sup>53</sup> (notamment prescrits pour permettre aux parents de dispenser la classe à leurs enfants et les garder) qui pèsera sur les comptes de la Sécurité sociale, puis la mise en place du télétravail (quand cela

---

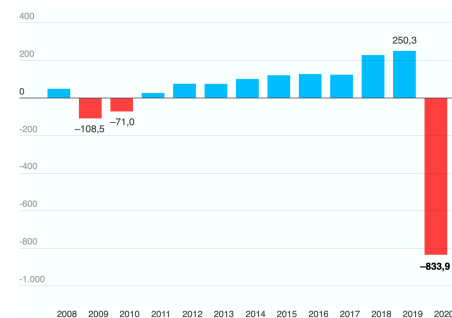
<sup>53</sup> En cette période de confinement lié à l'épidémie du Coronavirus, **la CPAM a assoupli les démarches pour obtenir un arrêt de travail** notamment pour les personnes sensibles et les parents devant s'occuper de leurs enfants. De plus **les arrêts de travail pendant la crise du Covid-19 n'ont pas de délai de carence pour le versement des indemnités journalières.**

était possible dans les entreprises), du chômage partiel et désormais d'un véritable chômage de masse. Les secteurs du transport aérien, de l'énergie (carburants), les constructeurs d'automobile, le BTP sont particulièrement impactés. Le 26 mars 2020, le département américain du travail annonçait près de 3.3 millions de nouveaux demandeurs d'allocations chômage, ce chiffre pourrait bien doubler dans les jours qui viennent et tripler vers la fin du mois d'avril. L'Espagne, qui avait déjà un chômage élevé avant la pandémie (13.8%) a vu son nombre de demandes d'allocations chômage bondir de 302.365 personnes en un mois (Ministère espagnol de l'emploi). Ce sont désormais 3.54 millions de chômeurs qui frappent à la porte de la sécurité sociale. Du 12 au 30 mars, près de 900 000 emplois ont été détruits<sup>54</sup>.

Figure 21 : Nombre de chômeurs en Espagne



Figure 22 : La chute de l'emploi en mars



Source : Ministerio de Inclusion, Seguridad Social y Migraciones<sup>55</sup>

Les semaines qui viennent seront cruciales pour l'Espagne, dont l'activité touristique apporte une contribution importante au PIB (soit 11,2% du PIB et 2.5 millions d'emplois). Les recrutements de ce secteur sont généralement les plus importantes au deuxième trimestre. L'Espagne pourrait bien franchir la barre des 4 millions de chômeurs dès la fin avril.

La France n'est pas épargnée par cette situation<sup>56</sup>. Les chiffres ne sont pas encore connus, mais tout porte à croire que la mise en sommeil de la France pourrait bien lui coûter entre 30 et 40% de son PIB. Après l'INSEE qui estimait le 26 mars 2020 que le choc du COVID 19 pourrait coûter près de 3 points de PIB sur l'année, la Banque de France a annoncé une contraction de 5 à 7% de son PIB au premier trimestre 2020. Certains services sont aujourd'hui à l'arrêt (construction, restauration, hôtellerie, tourisme...), d'autres sont impactés par l'arrêt de leurs sous-traitants ou des difficultés liées aux chaînes d'approvisionnement. Le 30 mars 2020, l'OFCE<sup>57</sup> a présenté dans son *Policy Brief*, une estimation de l'impact du confinement : soit 30 points de PIB (2418 milliards d'euros en 2019), 60 milliards d'euros par mois de confinement. Le choc est

<sup>54</sup> Si ce chiffre correspond au nombre de chômeurs issu de la « Grande Récession » des Subprime, la comparaison s'arrête là car cette perte d'emplois s'était déroulée sur la période allant du 2 octobre 2008 au 27 février 2009 (soit 5 mois). Or, la perte que nous évoquons aujourd'hui concerne seulement 14 jours.

<sup>55</sup> <http://www.mitramiss.gob.es/es/estadisticas/index.htm>

<sup>56</sup> Rappelons que l'Espagne et la France sont très liées : la France est le premier client de l'Espagne et son second fournisseur.

<sup>57</sup> <https://www.ofce.sciences-po.fr/pdf/pbrief/2020/OFCEpbrief65.pdf>

un choc de demande, via la chute de la consommation des ménages, la baisse des investissements notamment dans le secteur de la construction et la crise qui touche le secteur du tourisme complètement à l'arrêt (estimation d'une perte de 14 milliards par mois en raison du confinement et de la fermeture des frontières). En 2018, la contribution totale du secteur touristique dans le PIB français était estimée à 208 milliards d'euros (dont l'essentiel se fait durant l'été). C'est également un choc d'offre, dû à la difficulté des entreprises à poursuivre leurs activités (fermeture par arrêté gouvernemental ou pénurie de main d'œuvre).

*Tableau 5 : Impact sur le PIB annuel et sur les secteurs (niveau 17)*

En % de l'activité de chaque secteur (VA par mois), et en % du PIB total

Branches	Type de choc /	Fermeture des écoles	Baisse de la demande	Autres chocs d'offre	Total
Agriculture		-6	-3	-5	-13
Energie, eau, déchets		-3	-11	-4	-18
Industries agro-alimentaires		-10	-6	-4	-20
Cokéfaction et raffinage		-3	-42	-3	-48
Biens d'équipement		-4	-26	-3	-33
Matériels de transport		-1	-68	-2	-70
Autres branches industrielles		-4	-29	-3	-36
Construction		-1	-47	-3	-51
Commerce		-3	-49	-2	-55
Transport		-2	-42	-3	-47
Hébergement – restauration		0	-87	-11	-98
Information – communication		-1	-11	-4	-17
Services financiers		-1	-15	0	-16
Services immobiliers		-7	-7	-4	-18
Services aux entreprises		-3	-34	-11	-48
Services non marchands		-3	-2	-5	-10
Services aux ménages		-6	-29	-3	-39
Ensemble de l'économie (par mois)		-3,6	-23,3	-4,7	-31,6
<b>Impact d'un mois de confinement sur la croissance annuelle</b>		<b>-0,3</b>	<b>-1,9</b>	<b>-0,4</b>	<b>-2,6</b>

Source : OFCE (2020, p. 2)

Selon l'OFCE, en réponse à la baisse de la demande dans les secteurs directement affectés par le confinement (hébergement, restauration, services aux entreprises, raffinage, matériels de transports...) ou à l'arrêt induit en amont ou encore à la difficulté de maintenir les fonctions productives, le recours au chômage partiel pourrait concerner environ 5,7 millions d'emplois (ce chiffre nous semble très sous-évalué, la France pourrait bien avoir déjà atteint les 7 millions de chômeurs), soit 21 % de l'emploi salarié, pour un coût direct pour les finances publiques de 2,9 milliards d'euros par semaine ou de 12,7 milliards d'euros par mois. La perte de cotisations sociales liées au chômage partiel a été évaluée à 8,7 milliards d'euros par mois, soit un coût total budgétaire de plus de 20 milliards d'euros par mois (dans l'hypothèse d'un recours intégral au dispositif d'activité partiel).

(iii) La crise économique pourrait être encore plus importante qu'en 2008, voire côtoyée des niveaux proches de ceux de la seconde guerre mondiale (qui avait également vu une contraction de son outil de production). Cette crise s'est déjà traduite par un décrochage des marchés financiers (CAC 40, NADASQ, DOW JONES), le 18 février 2020, date à laquelle l'Italie a révélé la découverte de plusieurs cas de contamination, l'Iran et la Corée du Sud ont communiqué plus de 230 cas de contamination. Les secteurs du tourisme (compagnies aériennes, hôtellerie...), pétrolier ou encore de l'automobile (très exposés à la Chine) ont été les premiers touchés, la chute des cours s'est généralisée à l'ensemble des marchés. Toutefois, ne nous y trompons pas, la crise actuelle porte sur les valeurs réelles (baisse des marges et de la trésorerie) et non sur les valeurs financières. Par ailleurs, le décrochage de mars doit être relativisé, c'est avant tout une prise de bénéfices de nombreux investisseurs affectée par le COVID-19 et c'est ensuite une baisse toute relative si on la compare à d'autres épisodes historiques du CAC 40.

Figure 23 : Evolution du CAC du 1<sup>er</sup> janvier au 30 mars 2020, et depuis 2002



Source : Boursorama, ABC Bourse

Les mesures récentes décidées par le gouvernement français mais également l'Europe<sup>58</sup> sont symptomatiques de la situation que nous connaissons aujourd'hui. Le 17 mars, l'Etat français annonçait un plan d'aide économique aux entreprises d'un montant de 45 milliards d'euros sur deux mois<sup>59</sup>. Une partie importante de cette somme - soit 32 milliards d'euros - correspond au report des charges sociales et fiscales. La prise en charge du chômage partiel a été évaluée à 8.5 milliards d'euros (dont un tiers pris en charge par l'Unedic). Un fonds de solidarité de 2 milliards d'euros à destination des petites entreprises et des artisans vient clôturer ce plan. Enfin, une possible intervention dans le capital des grandes entreprises (l'Etat français détient par exemple 15% du capital d'Air-France, 50% du capital d'ADP, 67% du

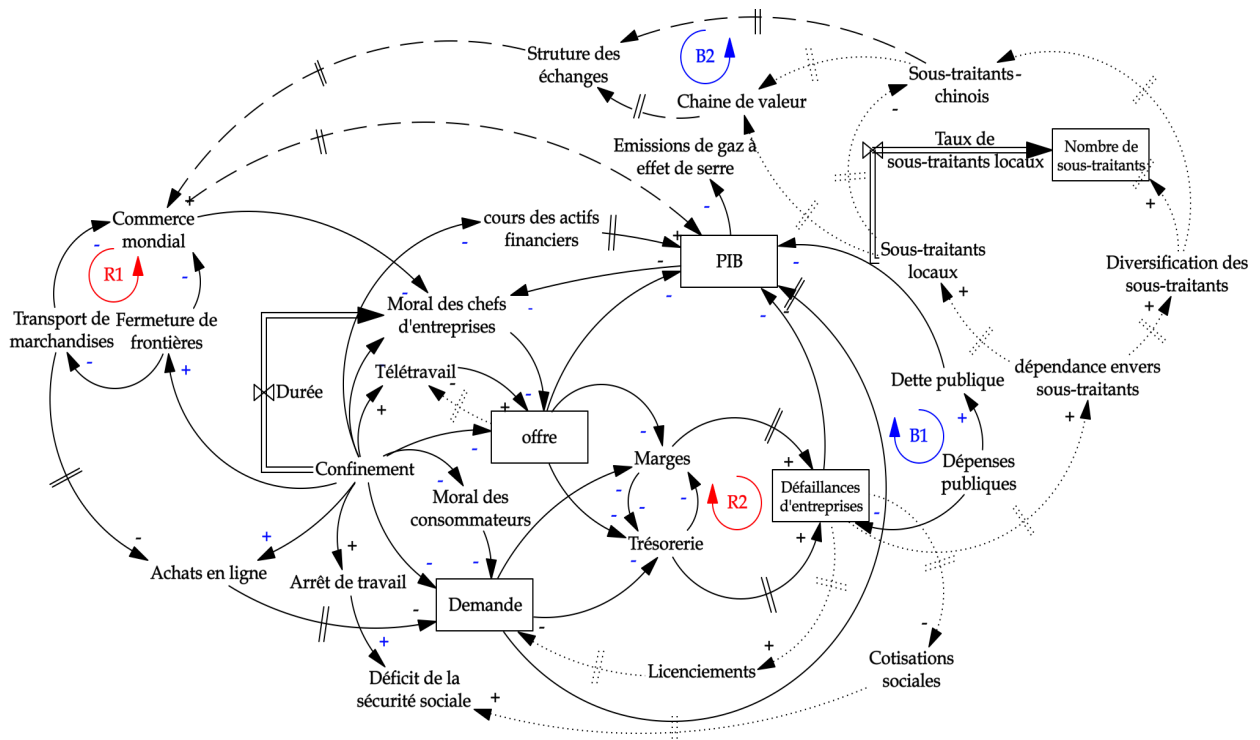
<sup>58</sup> Le 10 mars 2020, la commission européenne a annoncé un assouplissement des règles budgétaires et des aides d'Etats aux entreprises, ainsi qu'un fonds d'investissement de 25 milliards d'euros dédié au COVID-19 pour amortir l'impact économique de la crise sanitaire (avec un déblocage immédiat de 7.5 milliards d'euros).

<sup>59</sup> [https://www.liberation.fr/france/2020/03/17/1-etat-tire-un-cheque-de-45-milliards-pour-les-entreprises\\_1782026](https://www.liberation.fr/france/2020/03/17/1-etat-tire-un-cheque-de-45-milliards-pour-les-entreprises_1782026)

capital des sociétés anonymes Autoroute et Tunnel du Mont Blanc ATMB, 45% du capital d'ORANO, 99,88% du capital d'AREVA, 24% du capital d'Engie, 25,57% d'ERAMET, 73,68% du capital du Groupe La Poste, 13,39% de l'opérateur ORANGE, 72% de la Française des Jeux, FDJ...11% du capital d'Airbus, 10% du capital de SAFRAN, 25,7% du capital de THALES, 62,3% du capital de Naval Group, 84,34% du capital des chantiers de l'Atlantique, 100% du capital de GIAT industries, 15% du capital de RENAULT...) via des prises de participation ou des nationalisations, n'était pas exclue. **Même si ces sommes d'argent sont conséquentes, elles sont très loin des besoins réels car s'il agit de mettre en place un véritable plan Marshall. L'économie de guerre que nous évoquions dans le point i) nécessitera un plan d'au moins 200 milliards d'euros pour la seule période mars - mai 2020. Les reports de charges sociales et fiscales devront tout simplement être annulés. Le problème qui se pose actuellement, n'est plus une question de charges sociales, mais bien de pertes d'activité. L'absence d'entrées d'argent se traduit chez les entreprises par des baisses de marges et de trésorerie...**

Notre modèle a pris en compte l'ensemble de ces variables et ajustements, même ceux qui verront jour avec des décalages temporels, notamment la relocalisation des sous-traitants. Nous évoquerons cette question dans la partie scénario, mais la relocalisation ne doit pas se faire uniquement sur le territoire français, il faudra que l'Europe lance un grand plan de réindustrialisation s'appuyant sur l'économie circulaire et l'essor des symbioses industrielles.

Figure 24 : La dimension économique du COVID 19





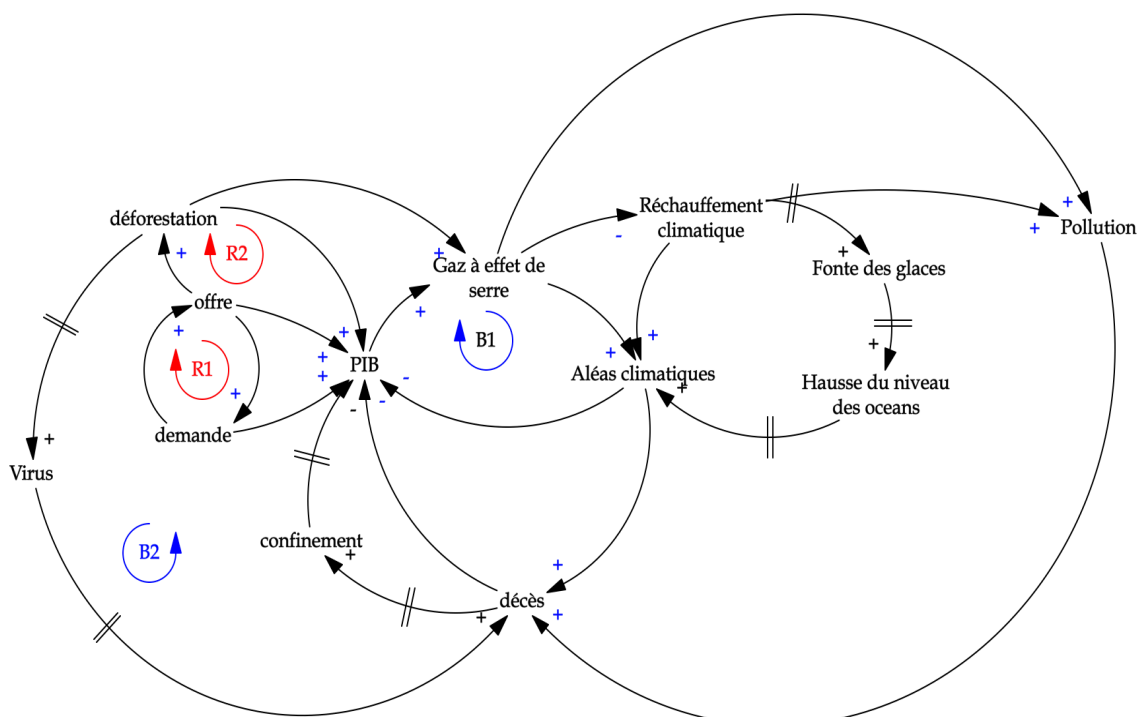
Le principal levier (driver) est bien entendu le confinement, ce qui n'exclut pas, nous l'avons précisé auparavant que la sphère économique fasse pression sur les sphères politique et sanitaire pour que le dé-confinement soit plus rapide que prévu.

Une boucle de renforcement (R1) concerne la fermeture des frontières et le ralentissement du commerce mondial (les exportations mondiales de marchandises s'élevaient à 19480 milliards de dollars et celles de services à 5800 milliards de dollars avant le COVID 19) qui génère une baisse du produit intérieur brut et réduit le moral des chefs d'entreprise, donc l'offre... Cette boucle R1 se renforce au niveau intérieur par la boucle R2 via la baisse des marges et de la trésorerie, entraînant une hausse des défaillances d'entreprises et des licenciements, réduisant la demande.

La boucle B1 constitue une boucle d'équilibre, elle passe par la dépense publique, c'est le fameux plan Marshall qui vise avant tout à réduire les défaillances d'entreprises et à prendre en charge le chômage (partiel et total). La boucle B2 constitue également une boucle d'équilibre, cependant elle intervient avec un décalage temporel (T+1 avec diversification des sous-traitants et relocalisation de la sous-traitance, T+2 avec une nouvelle chaîne de valeur modifiant la structure des échanges, et donc permettant de relancer le commerce mondial et le PIB). Bien entendu, une boucle de rééquilibrage de dé-confinement (R3) que nous n'avons pas intégré car elle inverserait toutes les causalités, résoudrait au niveau économique, tous les problèmes.

(iv) La question de l'après COVID nous semble particulièrement importante ici, elle renvoie bien entendu à un scénario, cependant certains résultats semblent assez clairs et nous amènent à penser le changement (figure 27).

Figure 25 : Economie et Environnement



Notre système économique a longtemps reposé sur une dynamique simple, une boucle d'amplification R1 (auto-entretenu), qui rappelle que la demande (consommation) stimule l'offre et que cette dernière (publicité, promotions) stimule également la première. La hausse des revenus et la baisse des prix ont été les principaux drivers de cette boucle. La boucle R2 découle de la boucle R1, pour répondre à la demande, l'offre a été jusqu'à prôner la déforestation (exemple de la plantation des palmiers en Indonésie) pour stimuler l'activité économique (hausse du PIB). Deux boucles viennent aujourd'hui remettre en cause cette croissance. La boucle B1 qui repose principalement sur l'émission de gaz à effet de serre, provoquant réchauffement et changements climatiques, occasionnant décès et baisse de la croissance économique. La boucle B2 qui nous rappelle que la déforestation peut occasionner des pandémies, générant des décès et le recours au confinement de la population, ce qui entraîne une baisse importante de la production. L'après COVID 19 tendrait à nous amener à réduire nos gaz à effet de serre et notre destruction de la forêt. Ainsi, ce sont nos modes de consommation et de production qui sont en cause.

## Scénariser

La constitution de scénarios est une étape importante dans un modèle. Tout d'abord, elle vient parachever de longs développements liés à la structure du modèle. Ensuite, c'est une manière de rappeler qu'un modèle est avant tout utile, c'est un outil d'aide à la décision. Enfin, le ou les scénarios introduisent une démarche prospective, ils permettent de penser l'avenir. Dans ce qui suit, nous souhaiterions rappeler brièvement les travaux qui ont inspiré notre réflexion et qui nous permettent aujourd'hui de mieux appréhender l'exercice de scénarisation dans le cas du COVID 19.

## Quelques principes de base pour établir des scénarios

Ces principes de base renvoient directement aux travaux de Pierre Wack (1985), Michel Godet (1990), O'Neil et al. (2014-2017). Les notions de scénario planning, prospective et de Narrative Shared Socioeconomic Pathways (NSSP) permettent de donner une dimension à la fois quantitative et qualitative aux scénarios.

- *Le scenario planning* a été développé par Pierre Wack dans les années 1970 pour la Shell Company juste avant la grande crise pétrolière de 1973-1974 (Shell, 2013). Dans son article "Scenarios, shooting the rapid", publié en 1985 par la Harvard Business Review, Wack avance que "*les scénarios traitent de deux mondes : le monde des faits et le monde des perceptions. Ils explorent les faits mais visent les perceptions dans la tête des décideurs*" (1985, p. 140). Leur but est de rassembler et de transformer des informations d'importance stratégique en perceptions nouvelles. Ce processus de transformation n'est pas insignifiant - le plus souvent, il ne se produit pas - mais lorsqu'il fonctionne, il s'agit d'une expérience créative qui conduit à des visions stratégiques hors de portée de l'esprit. La planification de scénarios permet d'imaginer différentes possibilités et

d'élaborer des plans pour y faire face (Diemer, 2004). Cette approche insiste sur deux points : (i) les scénarios décrivent des mondes différents, et pas seulement des résultats différents dans le même monde, (ii) l'objectif n'est pas tant d'avoir un scénario qui donne le bon résultat que de disposer d'un ensemble de scénarios qui mettent en lumière les principales forces motrices du système, leurs interrelations et les incertitudes critiques

Figure 26a : Shell Model

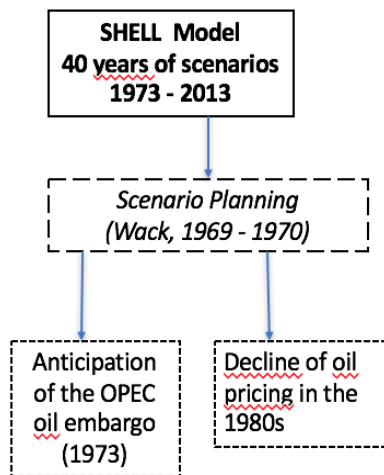
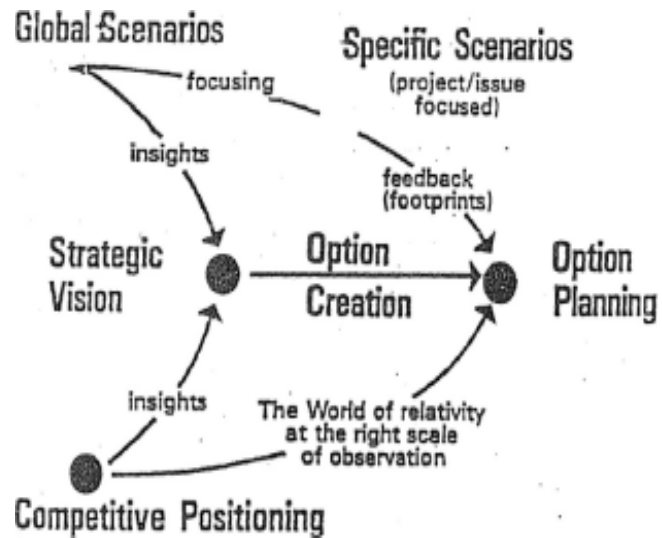


Figure 26b : Global scenarios



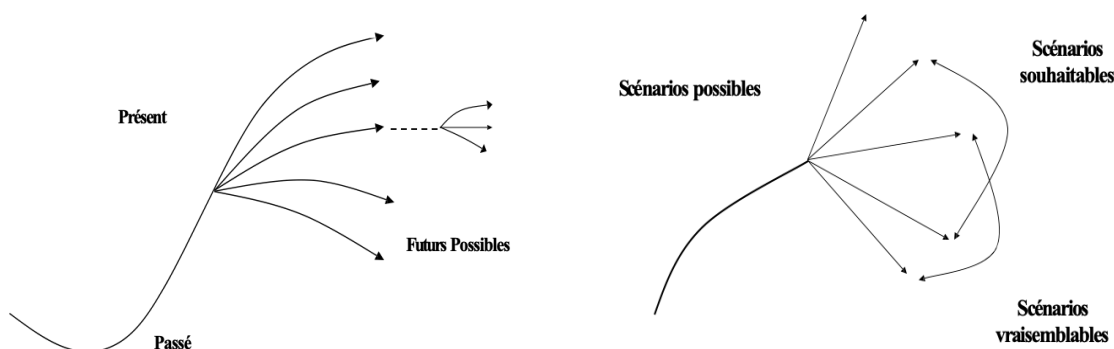
Source : Wack (1985, p. 93)

Le recours aux scénarios est particulièrement efficace lorsque : (a) l'incertitude est élevée, (b) un changement significatif est anticipé, (c) lorsqu'une nouvelle stratégie à long terme a été imaginée, (d) l'analyse cognitive des tâches révèle un problème récurrent dans un processus en cours, (e) les pratiques de modélisation démontrent un résultat imprévu ou (f) des perspectives contradictoires donnent lieu à des attentes radicalement différentes. Cette méthode est très intéressante lorsque la prise de décisions englobe des questions à la fois sociales, économiques, politiques, technologiques et environnementales. La planification de scénarios permet à un groupe multidisciplinaire d'identifier les questions centrales à traiter et de construire des récits sur l'avenir qui intégreront le plus large spectre imaginé d'incertitudes et de tendances. Dans cet article, nous considérerons qu'un scénario est défini comme (1) une description d'une situation future possible (futur conceptuel), (2) incluant des voies de développement qui peuvent mener à cette situation future. Nous décrirons le développement, la dynamique et les forces en mouvement dont résulte un futur conceptuel spécifique. L'objectif est de générer une orientation concernant les développements futurs grâce à certains facteurs clés pertinents. Ici, le scénario a une fonction exploratoire (il sert à systématiser et à approfondir la compréhension existante des développements, des conditions et des influences contemporaines). Le processus explore les développements futurs possibles avec le présent comme point de départ. La question centrale sera "Et si ? Mais il peut également avoir une fonction normative, en particulier lorsqu'un scénario est capable de produire un effet de

transformation (un environnement futur initialement inconnu peut être transformé en un environnement futur dans lequel les développements sont assemblés en scénarios). Ce processus permet d'identifier les futurs souhaitables ou d'étudier comment parvenir à des conditions futures. La question centrale sera "Comment y arriver ?".

- La prospective, remise au goût du jour par Gaston Berger (1957), signifie regarder au loin, discerner quelque chose devant soi. Comme le rappelle Michel Godet, « l'attitude prospective est née d'une révolte de l'esprit contre le joug du déterminisme et le jeu du hasard » (2007, p. 6). La prospective est une aptitude de l'esprit (à combiner imagination et anticipation), un comportement (volonté de faire quelque chose, refus du fatalisme) et une compétence (elle nécessite la mobilisation d'outils) mobilisés collectivement pour envisager l'avenir plus sereinement. Cette manière de penser le futur permet de se situer par rapport au passé et de donner un sens au présent. A ce titre, la prospective se distingue des prophéties (qui appartiennent aux gourous) et de la prévision (trop teintée de données quantitatives et de tendances extrapolées).

Figure 27 : Des futurs possibles aux scénarios souhaitables et vraisemblables



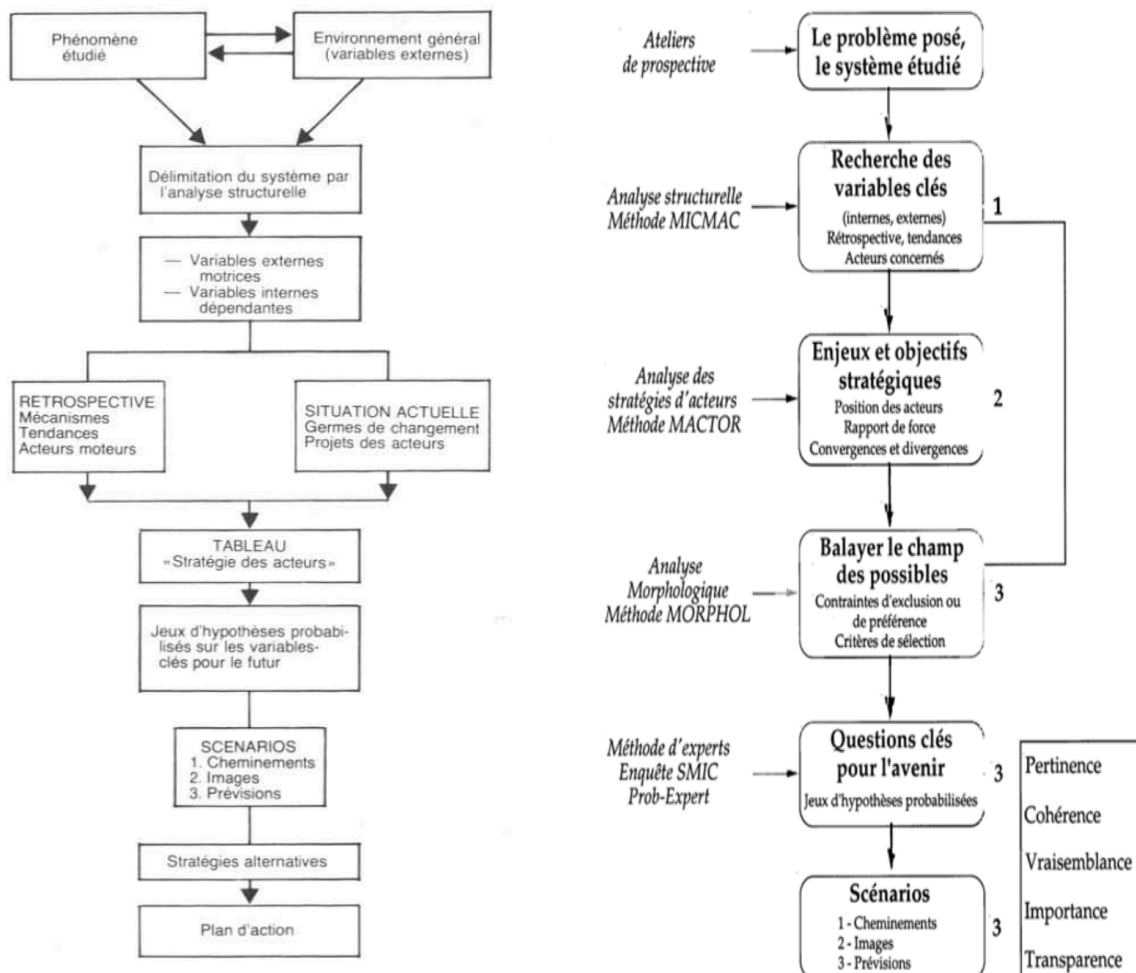
Source : Godet (1977, 1983, 2001, 2007)

Michel Godet (1983) précise que toute réflexion prospective est imprégnée des 7 idées clés<sup>60</sup> suivantes : (1) éclairer l'action présente à la lumière du futur (approche préventive, anticipation des problèmes futurs) ; (2) explorer des avenir multiples et incertains (l'avenir ne peut être envisagée comme un prolongement du passé) ; (3) adopter une vision globale et systémique (les phénomènes à étudier sont complexes et interdépendants) ; (4) prendre en compte les facteurs qualitatifs et les stratégies d'acteurs ; (5) se rappeler en permanence qu'information et prévision ne sont pas neutres ; (6) opter pour le pluralisme et la complémentarité des approches ; (7) remettre en cause les idées reçues.

<sup>60</sup> Hugues de Jouvenel (2004, p. 6) insiste quant à lui sur ce qu'il appelle les trois caractéristiques essentielles qui différencie la prospective de la prévision : (i) C'est une démarche pluridisciplinaire d'inspiration systémique (analyse des systèmes), (ii) c'est une démarche qui intègre la dimension du temps long et à venir ; (iii) une démarche qui intègre les ruptures.

Pour mettre en œuvre l'approche prospective, il convient de faire appel à la méthode dite des scénarios (Godet, 1977). La méthode des scénarios s'efforce de concevoir des futurs possibles et d'explorer les cheminements qui y conduisent. Elle combine<sup>61</sup> deux approches : (i) l'approche littéraire qui s'attache à construire des scénarios par la réflexion et le raisonnement (nous verrons que les *Narrative Shared Socioeconomic Pathways* ont remis au goût du jour l'approche littéraire, notamment dans les scénarios d'atténuation et d'adaptation au changement climatique) ; (ii) l'approche formalisée qui alimente la réflexion sur les scénarios et permet d'en vérifier la validité. Cette approche intégrée comprend deux phases : la construction de la base (délimitation du système, détermination des variables essentielles, analyse explicative du rôle joué par ces variables) et l'élaboration des scénarios (rapports de force entre les acteurs, jeux d'hypothèses probabilisées sur certains domaines déterminants, construction de scénarios – scénario de référence et plusieurs scénarios contrastés).

Figure 28 : La méthode des scénarios



Source : Godet (1977, 1983)

<sup>61</sup> Hugues de Jouvenel (2004, p. 6) résume cette méthode par les cinq étapes suivantes : (1) La définition du problème et le choix de l'horizon ; (2) La construction du système et l'identification des variables clés ; (3) Le recueil des données et l'élaboration d'hypothèses ; (4) La construction, souvent en forme d'arborescence, des futurs possibles ; (5) Les choix stratégiques.

La méthode des scénarios consiste « *en faisant jouer les mécanismes d'évolution compatibles avec les jeux d'hypothèses retenues, à décrire de façon cohérente le cheminement entre la situation actuelle et l'horizon choisi, en suivant l'évolution des principales variables du phénomène que l'analyse structurelle avait dégagées* » (Godet, 1983, p. 118). Afin de rendre opérationnelle cette méthode, des outils (applications informatiques) ont été développées à chacune des grandes étapes : MIMAC (analyse structurelle visant à recenser les variables, décrire les relations entre les variables et à identifier les variables clés), MACTOR (définir les acteurs et comprendre leur stratégie, analyser les influences entre acteurs et évaluer les rapports de force, identifier les enjeux stratégiques et les objectifs associés, positionner chaque acteur sur chaque objectif, repérer les convergences et les divergences, formuler les recommandations stratégiques cohérentes et poser les questions clés pour l'avenir), MORPHOL (balayer le champ des possibles et réduire l'incertitude), Smic-Prob Expert (formulation des hypothèses et choix des experts, probabilisation des scénarios).

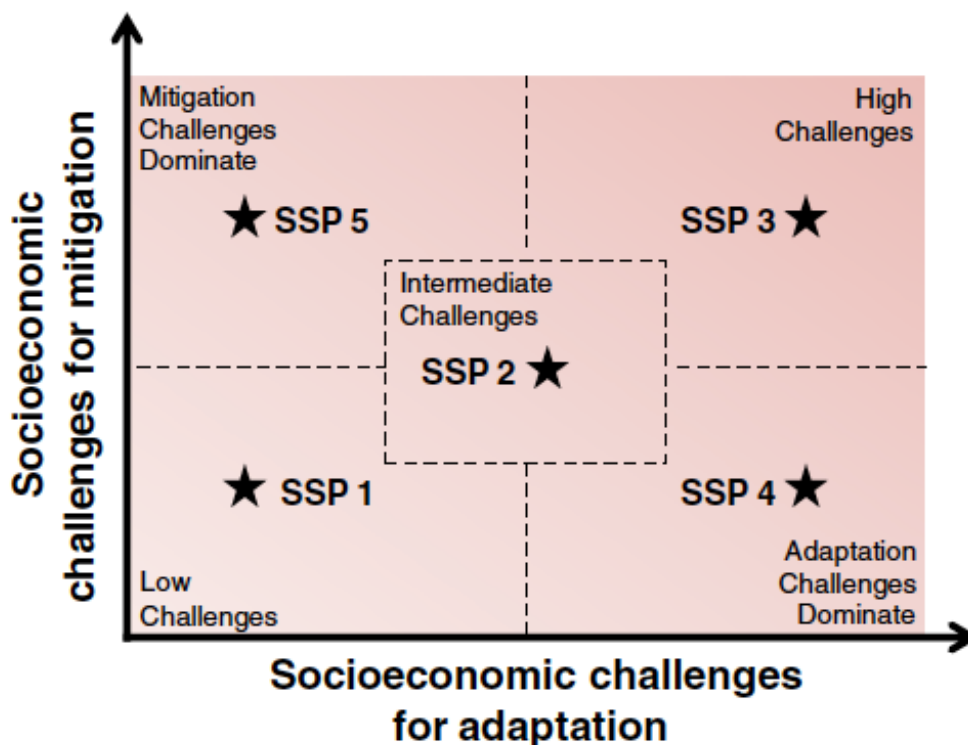
Notons ici que la méthode des scénarios intègre à la fois, une approche du type dynamique des systèmes (Gonod, 1996) et une approche du type carte des acteurs. Elle s'intègre parfaitement bien dans nos trois étapes (penser système, cartographier les acteurs et les controverses, scénariser).

- Les *Narrative for Shared Socioeconomic Pathways* (NSSP) constituent depuis quelques années, le nouveau cadre de scénarios utilisé dans les travaux sur le changement climatique. Les Shared Socioeconomic Pathways (SSP) sont définis comme des « *reference pathways describing plausible alternative trends in the evolution of society and ecosystems over a century timescale, in the absence of climate change or climate policies* » (O'Neill, 2014, p. 387). Ils se composent de deux éléments : (i) un scénario narratif et (ii) un ensemble de mesures quantifiées. Les SSP sont dits de référence, en ce sens qu'ils ne supposent aucun changement climatique ou impact sur le climat, ni aucune nouvelle politique climatique. Le but ultime du processus global de scénarisation est de produire des scénarios intégrés qui incluront des aspects socio-économiques et environnementaux.

L'une des questions clés de cette démarche est de savoir comment choisir un ensemble limité de SSP pour servir le plus efficacement possible les objectifs présents dans l'architecture de la matrice des scénarios. Deux approches sont généralement adoptées. La première combine un petit nombre de facteurs socio-économiques clés dans un ensemble de pistes plausibles mettant en évidence les différentes directions vers lesquelles le monde pourrait évoluer. (Nakicenovic et al., 2000). La seconde prend le contrepied de la première, elle commence par identifier les résultats d'intérêt pour la recherche sur le changement climatique et ensuite les combinaisons de facteurs socio-économiques clés qui sont susceptibles de produire ces résultats (Raskin et al. 1998). O'Neil et al. (2014, 2017) se sont appuyés sur cette dernière approche afin de garantir que le choix des SSP produisait un ensemble de voies de développement aussi pertinentes que possible pour l'objectif du cadre des scénarios (qui est d'explorer

l'incertitude dans l'atténuation, l'adaptation et les impacts associés à des changements climatiques et socio-économiques). Pour ce faire, les auteurs ont défini un espace de résultats (*outcome space*) dans lequel les défis socio-économiques et environnementaux sont représentés sur deux axes : un axe décrit les défis liés à l'adaptation, l'autre les défis liés à l'atténuation (l'"espace des défis" à couvrir par les SSP est divisé en cinq "domaines" avec un SSP situé à l'intérieur de chaque domaine, représenté par une étoile). L'hypothèse qui est faite ici, est que pour caractériser les incertitudes dans les implications des changements climatiques en matière d'atténuation ou d'adaptation, il est nécessaire de décrire les conditions socio-économiques futures qui rendraient l'atténuation et l'adaptation relativement difficiles ou relativement faciles (O'Neill, 2017). Dans les axes de la figure 29, le terme "socio-économique" représente un large éventail d'aspects de la société, qui renvoie aux systèmes socio-écologiques. Ceux-ci comprennent les aspects démographiques, politiques, sociaux et culturels, les aspects institutionnels, le mode de vie, l'économie et la technologie, ainsi que les conditions des écosystèmes et les services écosystémiques qui ont été affectés par l'activité humaine, tels que l'air et l'eau la qualité, la biodiversité, ainsi que la forme et la fonction des écosystèmes.

Figure 29 : L'espace des défis



Source : Kriegler et al. (2013), O'Neil et al. (2014, 2017)

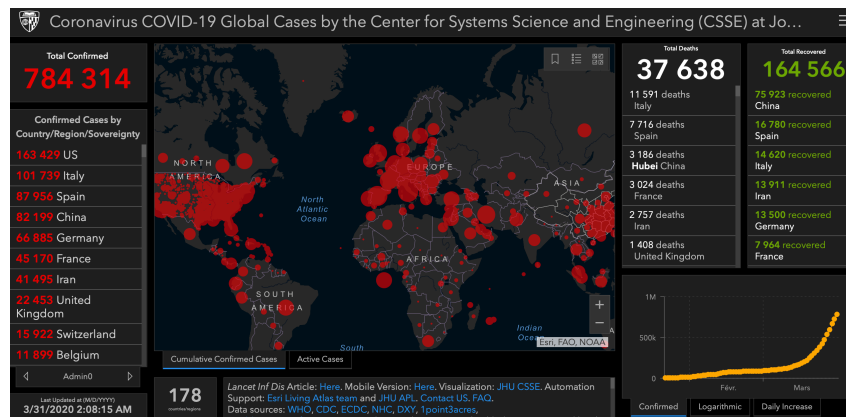
Les SSP, notamment dans leur partie narrative (NSSP), constituent à nos yeux, une excellente manière d'intégrer la dimension socio-économique d'un défi à relever, qui plus est, dans le cas du COVID-19.

## Scénariser le COVID 19

Scénariser le COVID 19, c'est avant tout faire ressortir d'un modèle structurel (ensemble de boucles de causalités à polarité positive ou négative, avec des décalages dans le temps, intégration des flux et des stocks) des tendances fortes, des leviers (mais également des résistances). La simulation permet de mettre en évidence des trajectoires que l'on va affiner au gré des hypothèses (confirmées ou infirmées), du problème étudié (un modèle de contamination est différent d'un modèle de décès) ou encore des futurs possibles souhaitables ou vraisemblables. Dans ce qui suit, nous nous sommes focalisés sur les trois points suivants : (1) la fin du confinement (durée et perspectives) ; (2) le dé-confinement et (3) l'après dé-confinement.

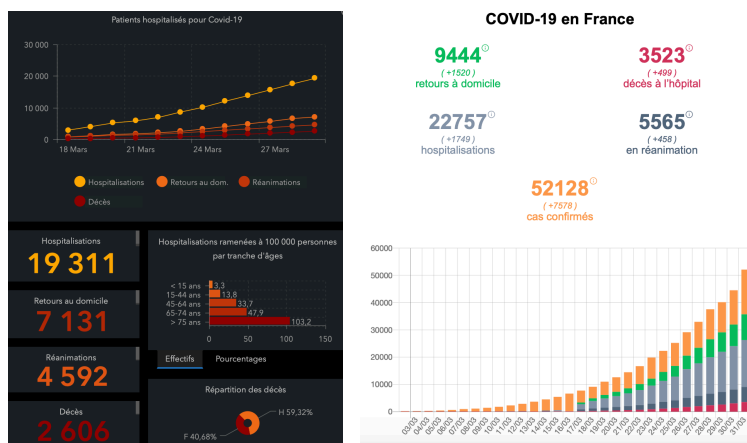
A l'heure où nous terminons cet article (31 mars 2020), le COVID 19 continue sa marche en avant et un grand nombre de pays voit leur courbe de personnes contaminées et de morts s'accroître de manière exponentielle. Les dernières données émanant du Centre John Hopkins et de Santé Publique (France) dressent ce bilan dans les deux figures ci-dessous.

Figure 30 : Contamination et décès imputables au COVID 19, le 31 mars 2020



Source : John Hopkins, CSSE

Figure 31 : Le COVID-19 en France

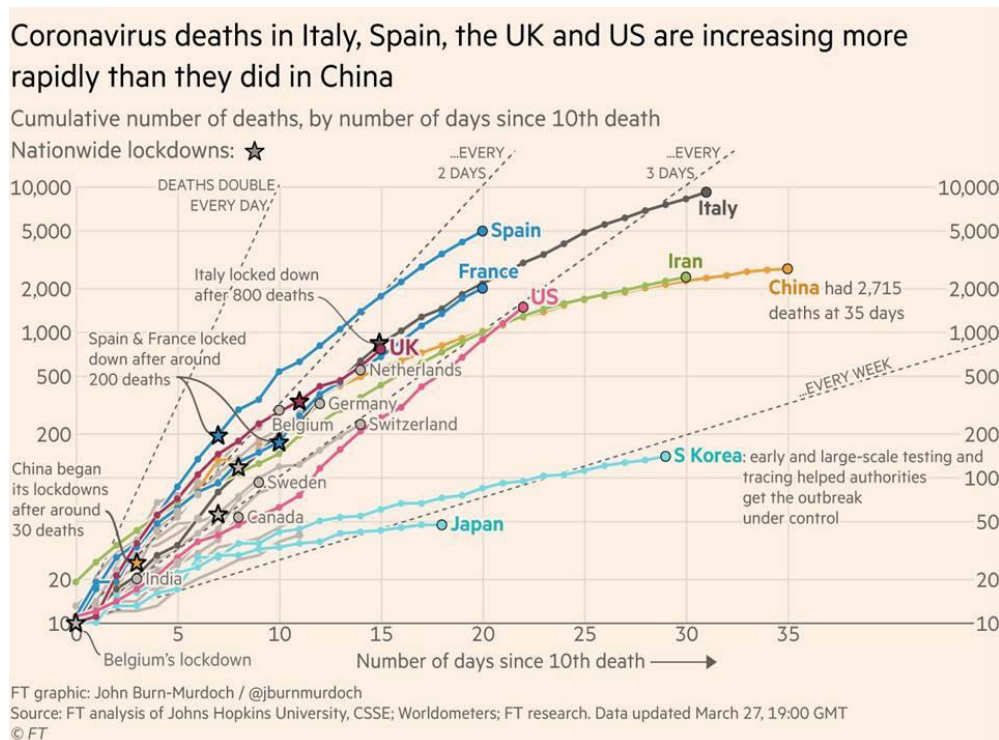


Source : Santé Publique France – ESRI France Source : Santé Publique France



Les courbes de tendance (effectifs cumulés) du John Hopkins Center (27 mars 2020) positionnent la France, l'Italie, l'Espagne, les Etats-Unis et le Royaume-Uni sur des trajectoires ascendantes (alors que la Chine semblerait s'orienter vers une baisse, qui reste à confirmer).

Figure 32: Les morts liés au COVID 19 (27 mars 2020)



Source : John Hopkins University, CSSE

Ces courbes permettent également de visualiser la rapidité à laquelle la mort frappe (les trois droites indiquent, un doublement des morts chaque jour, tous les deux jours ou tous les trois jours). Il est possible ici de réunir quelques données relatives au nombre de contaminés, de morts et au taux de létalité, puis de commencer à se projeter tous les 15 jours (délai proche du nombre de jours maximum pour la contamination, 14 jours). Nous avons souligné précédemment la difficulté d'estimer le nombre de personnes contaminées (population asymptomatique), donc les chiffres ne portent que sur les personnes ayant été diagnostiquées positivement et bien entendu le nombre de morts. Une projection à mi-avril et fin avril, pourraient bien faire basculer le nombre de contaminés à respectivement plus de 2 millions et 3 millions, et le nombre de morts à plus de 120 000 et 180 000.

La Chine a été l'épicentre du foyer infectieux, cependant son nombre de contaminés et de morts s'est réduit de manière drastique : taux de létalité de 4.8% (qui ne devrait pas beaucoup augmenter). Nous avons rappelé que la ville de Wuhan avait fixé la fin de son confinement au 8 avril... Tout porte à croire que cette date sera respectée, toutefois, la Chine devra veiller à ce que le nombre de cas importés (notamment de

chinois qui ont été refoulés aux frontières et qui attendent pour entrer dans leur pays) ne viennent pas générer une reprise des cas de contamination...

*Tableau 7 : Situation épidémiologique pour quelques pays au 31 mars 2020*

	31 mars 2020		Taux de létalité	Projection pour le 15 avril 2020		Taux de létalité	Taux de contamination	Taux de décès
	Contaminés	Décès		Contaminés	Décès			
Total	784 314	37 638	4,7%	2 100 000	120 000	5,7%	167%	218%
USA	163 000	3424	2.1%	600 000	35 000	5,8%	268%	922%
Italie	101 000	11 591	11,4%					
Espagne	87 000	7 716	8,8%					
Chine	82 000	3186	3,8%					
Allemagne	66 000	520	0,78%					
France	45 000	3 024	6,72%	135 000	11 000	8,2%	200%	263%

Sources : calculs tirés des données du John Hopkins Center

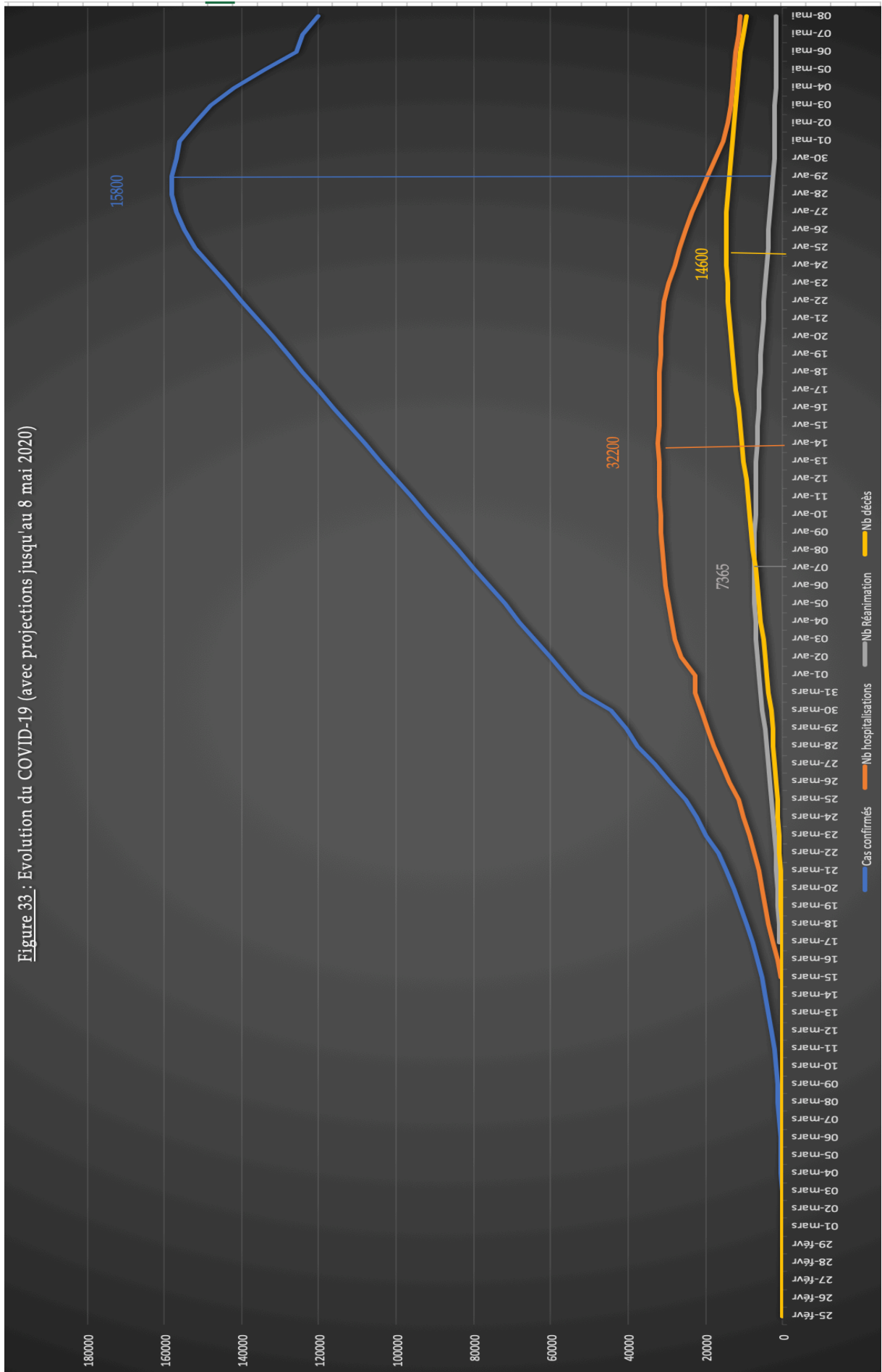
Dans le cas des pays européens, les préoccupations concernent aujourd'hui l'estimation du taux de létalité, le cas italien donne le ton avec un taux actuel de 11.4% (nous sommes bien loin des 3.4% évoqués par l'OMS). L'Espagne et la France pourraient très vite lui emboîter le pas. Ainsi, leur taux de létalité pourrait augmenter sous le double effet d'une hausse des personnes contaminés et de la hausse des décès. Le rapport 1 personne infectieuse pour 3 contaminés, pourrait faire basculer la population de contaminés en France à près de 135 000 personnes et les morts à 11 000<sup>62</sup>.

Le cas le plus préoccupant est bien celui des Etats-Unis, la courbe des personnes contaminées a littéralement explosée, et certaines villes (New York) sont complètement submergées. Avec 163 000 cas et 3424 décès, les Etats-Unis pourraient voir leur courbe des contaminés et des morts dépassait très rapidement la barre des 600 000 et des 35 000. Les Etats-Unis ont à la fois une population âgée (52 millions de personnes de plus de 64 ans), très exposée aux maladies telles que le diabète (1/3 des américains sont diabétiques) et l'obésité (2 adultes sur 5) et socialement fragiles (profondes inégalités au niveau du système de santé). La population afro-américaine (près de 43 millions de personnes) combine un grand nombre de ces critères (âge, obésité, diabète, couverture sociale défaillante, encore en activité dans le commerce, mesure de distance sociale très difficiles à appliquées car concentration dans les ghettos).

<sup>62</sup> Notre estimation ne porte ici que sur les décès enregistrés à l'hôpital, si l'on ajoute les décès dans les établissements ou services médicaux sociaux (la DREES évalue à 728 000 personnes dans ces établissements, dont un tiers à plus de 90 ans) et les décès à domicile, les chiffres sont beaucoup plus importants. La situation pourrait devenir très tendue dans les prochains jours (34 personnes étaient décédées au 31 mars 2020 dans la seule EHPAD de Mougins). Potentiellement, ce sont donc plus de 210 000 (plus de 90 ans) exposées.

<https://france3-regions.francetvinfo.fr/provence-alpes-cote-d-azur/alpes-maritimes/cannes/coronavirus-dix-neuf-deces-ehpad-mougins-lies-au-covid-19-1809128.html>

Figure 33 : Evolution du COVID-19 (avec projections jusqu'au 8 mai 2020)



Si nous croisons la date de dé-confinement de la ville de Wuhan (8 avril), les décalages nationaux dans la mise en place des confinements (le 17 mars en France) et le pic de personnes contaminées (estimée pour la fin avril pour la France), une date de dé-confinement en France ne devrait pas intervenir avec la première semaine de juin (et ceci dans l'hypothèse que la population asymptomatique ne génère pas un retour du virus). Précisons que le conseil scientifique, instance mise en place par le gouvernement français pour l'aider dans ses choix dans la lutte contre l'épidémie, estimait (le 24 mars) que le confinement était nécessaire au moins jusqu'au 28 avril<sup>63</sup> (soit six semaines). Bien évidemment, le choix de dé-confiner sera lié à plusieurs signaux : (1) la baisse réelle du nombre de personnes admis dans les services de réanimation (c'est la variable qui sera la plus suivie dans les jours qui viennent) ; (2) l'augmentation des tests à grande échelle (dans ce cas, le confinement ne concernerait que les personnes positives au test), statistiquement, le nombre de personnes contaminées devrait donc continuer à augmenter ; (3) une estimation plus juste du nombre de décès (intégration des décès à domicile).

Les scénarios ne sont pas connus à ce jour, mais tout porte à croire que le principe de la distanciation sociale sera maintenu. Les grandes entreprises vont devoir imaginer une réintégration progressive de leurs salariés (10% par pallier successif) en limitant les regroupements à moins de 5 personnes par service, et en maintenant le télétravail dans les prochains mois (2 voir 3 jours par semaine). Les mesures d'hygiène et le port du masque seront obligatoires. De toute évidence, le dé-confinement pourra intégrer plusieurs options : (1) un dé-confinement par classe d'âge (la population des plus de 64 ans pourrait être amenée à ne pas se déplacer avant septembre) ; (2) un dé-confinement par zone géographique (le jeu consiste ici à trouver le critère le plus pertinent : (i) en fonction du nombre de lits disponibles dans les hôpitaux, (ii) en tenant compte des décalage temporels et/ou de la gravité des contaminations, (iii) en fonction du choix des élus locaux (stratégie localement décentralisée) ; (3) un dé-confinement via les tests sanguins réalisés (cette possibilité est liée à la capacité des structures sanitaires à augmenter le nombre de tests par semaine) ; (4) un dé-confinement par secteur d'activité (certains secteurs risquent de poser certaines difficultés, notamment celui de la restauration collective ou de l'éducation en école maternelle et primaire<sup>64</sup> où le principe de distanciation sociale est pratiquement inapplicable) ; (5) un dé-confinement sous surveillance via les applications informatiques et géo-localisées (cette possibilité risque de buter sur le respect des libertés individuelles, elle ne peut donc reposer que sur le volontariat).

Une combinaison de toutes ces options est également possible. Quatre inconnues devront cependant être prises en compte : (1) le COVID-19 est un virus nouveau pour le système immunitaire humain, il est donc extrêmement contagieux car il ne rencontre

---

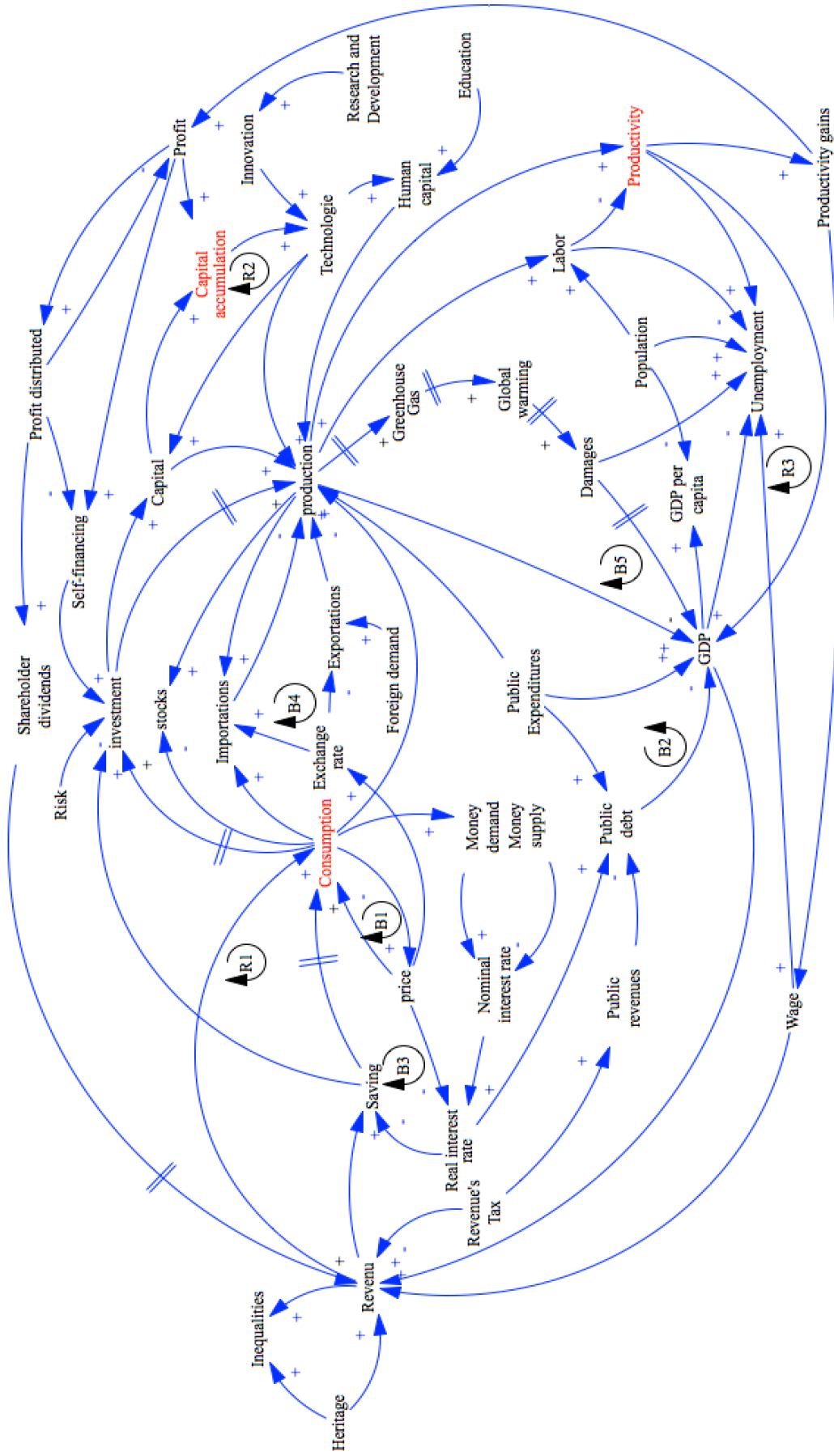
<sup>63</sup> [https://www.sciencesetavenir.fr/sante/coronavirus-le-point-du-jour-sur-le-covid-19-mardi-24-mars\\_142754](https://www.sciencesetavenir.fr/sante/coronavirus-le-point-du-jour-sur-le-covid-19-mardi-24-mars_142754)

<sup>64</sup> Il ne s'agit pas d'un principe de précaution, mais bien d'un problème sanitaire qui n'a pas de solution. Le retour dans ces écoles ne devrait pas se faire avant septembre.

aucune résistance au moment de l'infection. Normalement, comme tout virus grippal, le virus devrait disparaître avec le retour des beaux jours... Toutefois, rien n'est moins sûr, il pourrait réapparaître à l'automne ; (2) la capacité à assurer une surveillance de l'épidémie (l'usage massive de tests suffirait à réduire ce risque) ; (3) les risques de récurrence sont importants, suite à la difficulté d'estimer le nombre de personnes contaminées (évolution des personnes asymptomatiques) et surtout à la période de grande mobilité qui va suivre (la période des congés d'été) ; (4) la pression économique, les entreprises de nombreux secteurs font désormais face à de graves difficultés de trésorerie (dans notre modèle, les créances clients convergent vers 0, donc ne peuvent plus être converties en trésorerie, et la baisse des stocks atteint très vite ses limites) et des défaillances en cascade vont intervenir dans les prochaines semaines.

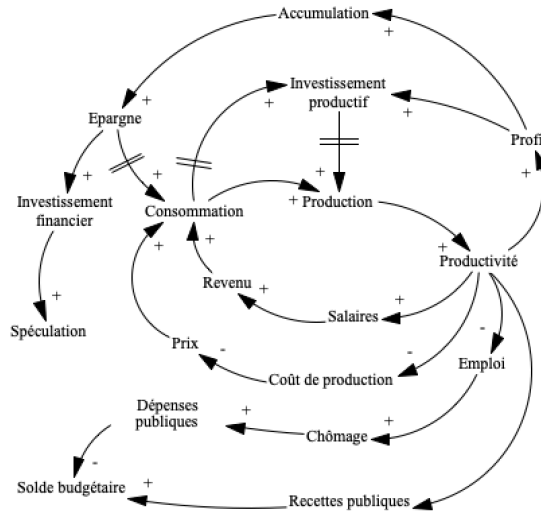
L'après COVID-19 constitue selon nous, un véritable scénario car nombreux considèrent aujourd'hui, que les épidémies comme les dérèglements climatiques ne sont que les conséquences de l'activité humaine. Aux crises sociales, environnementales et économiques, il faudrait désormais ajouter les crises sanitaires, et l'on aurait tous les ingrédients pour que l'espèce humaine emprunte le même chemin que celui de la biodiversité. L'extinction ou le grand chaos ferait ainsi partie des scénarios vraisemblables, remettant au goût du jour les thèses de Roberto Vacca dans son ouvrage « Demain le Moyen Âge » (1973). Si le problème réside effectivement dans les conséquences environnementales et sociales des activités humaines, il convient d'identifier ces maux et se donner les moyens d'y faire face. Nos modes de production et de consommation sont dénoncés par des courants de pensée (décroissance, économie sociale et solidaire, bien-être, éco-développement) qui n'hésitent pas à remettre en cause l'ordre établi et à professer un autre modèle économique. L'épisode COVID 19 peut ainsi être présenté comme une « aubaine », l'argument fatal qui nous ferait basculer dans le tout durable. Il suffirait d'identifier les principales dynamiques de notre système économique, celles qui nous ont acculé à une telle situation ; de lever les résistances et d'engager nos sociétés vers des aspirations plus humaines. L'usage des modèles de dynamique des systèmes peut être très utile ici, notamment lorsque l'on souhaite mettre en lumière les boucles qui renforcent le système et qui nous aliènent à un rythme ou une cadence contre nature. Les figures 35 (a, b, c) identifient trois boucles causales, à l'origine de tous nos maux. Il s'agit notamment de la boucle de consommation, de la boucle de productivité et de la boucle d'accumulation du capital. Ces boucles de renforcement du système (R1, R2 et R3 dans la figure 34) génèrent via des modèles de comportement (croissance illimitée représentée par une exponentielle), les effets néfastes que nous connaissons aujourd'hui, les principaux symptômes sont psycho-sociaux (arrêt de travail, maladies longue durée, risques psycho-sociaux...), économiques (inégalités, pauvreté), écologiques (réchauffement climatique, déforestation, pollution), sanitaires (pandémies, infections, allergies), alimentaires (malbouffe, aliments ultra-transformés...).

Figure 34 : Dynamique du système économique



La hausse de la productivité permet de baisser les coûts de production, de vendre des biens à des prix très bas (au détriment de la qualité très souvent), de distribuer des hausses de salaires, qui vont venir soutenir la consommation. La concurrence est l'aiguillon qui permet de baisser les prix et de stimuler une production de masse.

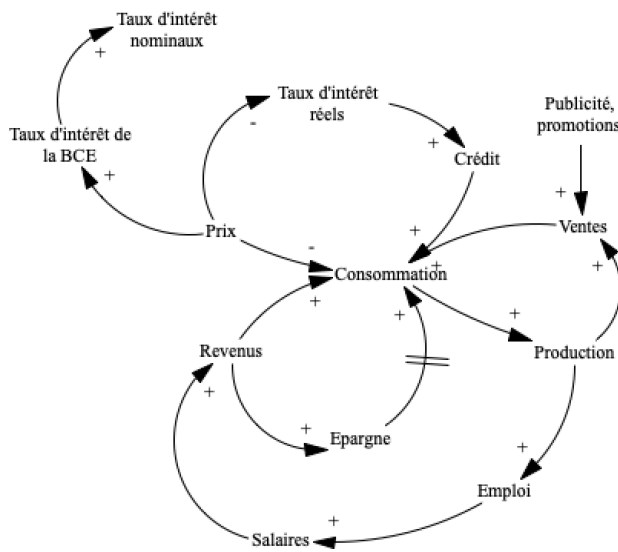
*Figure 35a : La boucle de productivité*



Source : Diemer (2019)

La boucle de consommation identifie les principaux drivers (revenus, prix, crédit, publicité, promotions...) susceptibles stimuler nos actes d'achat. Il est ainsi permis de comprendre pourquoi un français consomme 84% de son revenu alors que l'américain y consacre près de 98% de son revenu

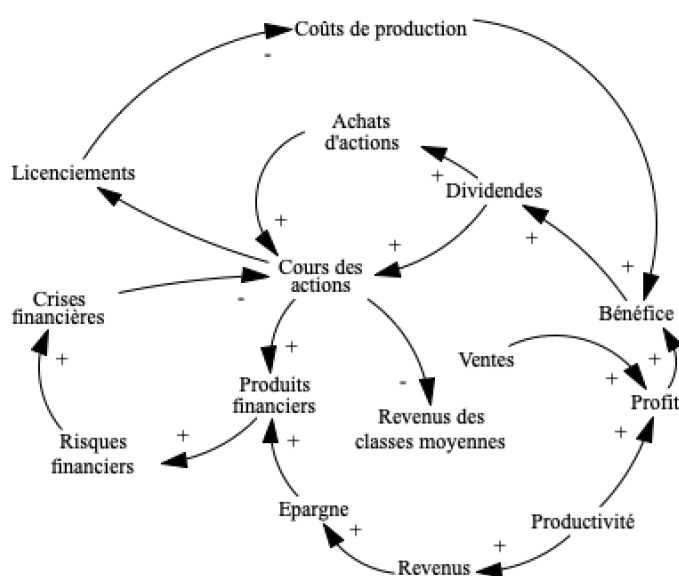
*Figure 34b : La boucle de consommation*



Source : Diemer (2019)

La boucle d'accumulation nous rappelle que nos richesses se concentrent de plus en plus entre les mains de quelques personnes. Cette accumulation est insatiable car elle nous transforme en propriétaire (biens, immeubles, terrains) et prend plusieurs formes (monnaie, produits financiers, actions, obligations, or, terres...). En 2019, l'épargne des français représentait près de 5 000 milliards d'euros (soit deux fois la richesse nationale de la France).

Figure 35c : La boucle d'accumulation



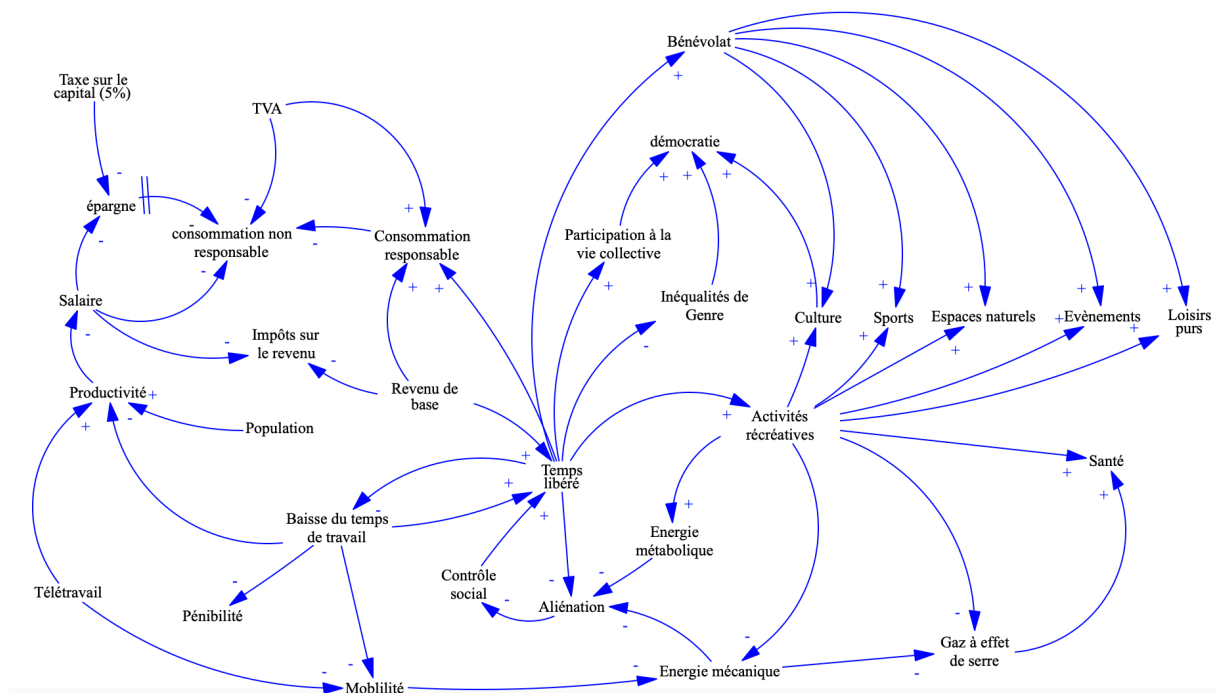
Source : Diemer (2019)

D'une certaine manière, l'un des scénarios les plus « durables » dans l'après COVID 19 serait une sortie de l'économie, la réduction de l'économie à quelques activités. La baisse radicale du temps (35h à 20h) de travail serait alors l'un des principaux drivers du système. La baisse du temps de travail ne trouve pas sa contrepartie dans une hausse de la productivité pour garantir un salaire identique ou dans le maintien de l'emploi (comme c'est le cas en France). La baisse du temps de travail est associée à une baisse de la consommation, ce qui passe notamment par une baisse de salaires et une rétribution en monnaie locale (facilitant l'achat de produits locaux).

Cette baisse du temps de travail permettrait de redynamiser tout le système social et culturel en activant à la fois le bénévolat et les activités d'utilité publique, elle réduirait nos déplacements et donc nos émissions de gaz à effet de serre. Elle pourrait même nous permettre de réaffecter du temps aux contacts humains, de redéfinir notre modèle alimentaire (temps pour cuisiner, produits biologiques, régime végétal, moins de viande mais de meilleure qualité, meilleure rémunération pour l'agriculteur...) de déployer des actions de coopération ou encore de développer une véritable démocratie participative.



Figure 36 : Repenser la baisse du temps de travail



Au final, l'après COVID 19 ne consisterait pas à calculer le temps qu'il nous faudrait pour revenir à une situation antérieure (ce que font aujourd'hui les principaux organismes de conjoncture), mais bien à mettre sur pied sur les bases d'une société plus juste, plus humaine et plus conviviale.

## Conclusion

Depuis le début de la pandémie du COVID-19, tous les pays semblent suivre la même trajectoire, la même courbe épidémique que la Chine ou l'Italie. Peu d'entre eux ont véritablement réussi à aplanir la courbe de propagation du virus. La croissance exponentielle du nombre de personnes contaminées et du nombre de morts sont les principaux faits auxquels sont confrontés tous les gouvernements. Seul le temps de doublement - triplement des cas semble varier d'un pays à l'autre.

L'article que nous proposons, n'a pas pour ambition de produire un modèle idéal, susceptible de dompter toutes les pandémies présentes ou futures, de prédire avec exactitude quelle sera l'évolution de l'épidémie dans les semaines ou les mois qui vont venir. Il s'agit plutôt de présenter une méthodologie (scientifique) qui remet au goût du jour, la pensée systémique et globale, la question des controverses sociétales et celle des scénarios souhaitables ou vraisemblables. Cette méthode a des vertus pédagogiques, elle permet à l'éducation au développement durable (1) de reposer sur des bases scientifiques (définir un problème, identifier des variables, analyser des chaînes causales, produire un modèle systémique capable d'embrasser la complexité) ;

(2) de mobiliser des outils (numériques) pour cartographier les acteurs et identifier les résistances ou les leviers du changement (les cartes de controverses multidimensionnelles) ; (3) de miser sur des compétences collectives et systémiques pour appréhender des problèmes...

Si le COVID 19 nous questionne sur l'origine de la pandémie, son évolution et ses conséquences (modalités du confinement et du dé-confinement), il ouvre également de nouvelles perspectives en matière de choix de société. Plus rien ne sera comme avant, disent certains, c'est un programme bien ambitieux qui nous attend, mais nous avons les capacités à relever de tels défis.

## Références

Agus F. et al. (2013). « Historical CO2 Emissions from Land Use and Land Use Change from the Oil Palm Industry in Indonesia, Malaysia and Papua New Guinea », *Reports from the Technical Panels of the 2nd Greenhouse Gas, Working Group of the Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO)*, 65 – 87. [www.rspo.org](http://www.rspo.org)

Algan Y., Cahuc P. (2007). *La société de défiance*, Editions Rue d'Ulm.

Baud D. et al. (2020). « Real Estimates of Mortality following COVID-19 Infection », *The Lancet Infectious Diseases*, March 12, DOI : [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30195-X](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30195-X)

Berg W., Greaffe L, Holden C. (2003), *Teaching controversial issues: A European perspective*, CICE, Children's Identity & Citizenship in Europe.

Chanisgaux V. (2015), *La nature à l'épreuve de l'homme*, Delachaux et Niestlé.

Chanisgaux V. (2013), *L'Homme et la Nature, une histoire mouvementée*, Delachaux et Niestlé.

COFACE (2020), *Baromètre risques pays et sectoriels*, 1<sup>er</sup> trimestre.

De Jouvenel H. (2004), *La démarche prospective, un bref guide méthodologique*, Les Docs d'Aleph, n°7, janvier, 15 p.

Diemer A. (2020a), *Penser système, cartographier les acteurs et les controverses, scénariser le futur*, Clermont-Ferrand, Éditions Oeconomia.

Diemer A. (2020b), « Regards méthodologiques sur l'éducation à l'écologie », *Cassiopé*, mai, p. 1-14.

Diemer A. (2019), *Climate Change is not the problem, the problems are our economic system and the demography : Manifesto for strong sustainability* », *Symposium « Paradigms, Models, Scenarios and Practices for strong sustainability* », december 4th – 6th, Clermont Ferrand. France, 27 p.

Diemer A., Marquat C., Rafaitin Y. (2014), "Des controverses aux questions socialement vives : une clé d'entrée pour comprendre l'éducation au développement durable", *Revue Francophone du Développement Durable*, n°4, octobre, p. 6 – 20.

- Dozon J. P. (2001), « Le Sida et l’Afrique ou la causalité culturelle en question » in J.P Dozon, D. FAssin (dir), *Critique de la santé publique, une approche anthropologique*, Editions Balland, p. 209 – 232.
- Dowall S. D. et al. (2015), « Chloroquine inhibited Ebola Virus Replication in Vitro but failed to protect against infection and disease in the in vivo guinea pig model Open Access », *Journal of General Virology*, December.
- Forrester J.W (1961), *Industrial Dynamics*, Waltham, MA: Pegasus Communications.
- Forrester J.W (1968a), *Principles of Systems*, Waltham, MA: Pegasus Communications. 391 p. Traduction française *Principes des Systèmes* (1984), Presses de Lyon.
- Forrester J.W (1969), *Urban Dynamics*, Waltham, MA: Pegasus Communications. 285 p.
- Gao J, Tian Z, Yang X. Breakthrough: Chloroquine phosphate has shown apparent efficacy in treatment of COVID-19 associated pneumonia in clinical studies. *Biosci Trends*. 2020 Mar 16; 14(1):72-73
- Gautret P, Lagier J, Parola P, Hoang V, Meddeb L, Mailhe M, et al. (2020) Hydroxychloroquine and azithromycin as a treatment of COVID-19: results of an open-label non-randomized clinical trial. *International Journal of Antimicrobial Agents*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.105949>
- Godet M. (2007), *Manuel de prospective stratégique*, Dunod, Paris.
- Godet M. (2001), *Creating Futures : scenario-building as a strategic management tool*, Economica-Brookings, Paris.
- Godet M. (1983a), « Sept idées clés », *Futuribles*, novembre, p. 5 – 9.
- Godet M. (1983b), « Méthode des scénarios », *Futuribles*, novembre, p. 110 – 120.
- Godet M. (1977), *Crise de la prévision, essor de la prospective*. PUF
- Gonod P. (1996), “Dynamique des systèmes et méthodes prospectives”, *Travaux et recherches de prospective, Futuribles*, n°2, mars.
- Kangpeng Xiao, Junqiong Zhai, Yaoyu Feng, Niu Zhou, Xu Zhang, Jie-Jian Zou, Na Li, Yaqiong Guo, Xiaobing Li, Xuejuan Shen, Zhipeng Zhang, Fanfan Shu, Wanyi Huang, Yu Li, Ziding Zhang, Rui-Ai Chen, Ya-Jiang Wu, Shi-Ming Peng, Mian Huang, Wei-Jun Xie, Qin-Hui Cai, Fang-Hui Hou, Yahong Liu, Wu Chen, Lihua Xiao (2020). *Isolation and Characterization of 2019-nCoV-like Coronavirus from Malayan Pangolins*, *BioRxid*, doi: <https://doi.org/10.1101/2020.02.17.951335>
- Kriegler E, Edmonds J, Hallegatte S, Ebi K, Kram T, Riahi K, Winkler H, van Vuuren D (2013) A new scenario framework for Climate Change Research: the concept of shared policy assumptions. *Climatic Change*, Special Issue, Nakicenovic N, Lempert R, Janetos A (eds) *A Framework for the Development of New Socioeconomic Scenarios for Climate Change Research*.
- Lam, T. T. et al. (2020), Identifying SARS-CoV-2 related coronaviruses in Malayan pangolins. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2169-0> (2020).
- Latour B. (2006) in A. Fossier et E. Gardella, « Entretien avec Bruno Latour », *Tracés, Revue des Sciences Humaines*, p. 113-130.

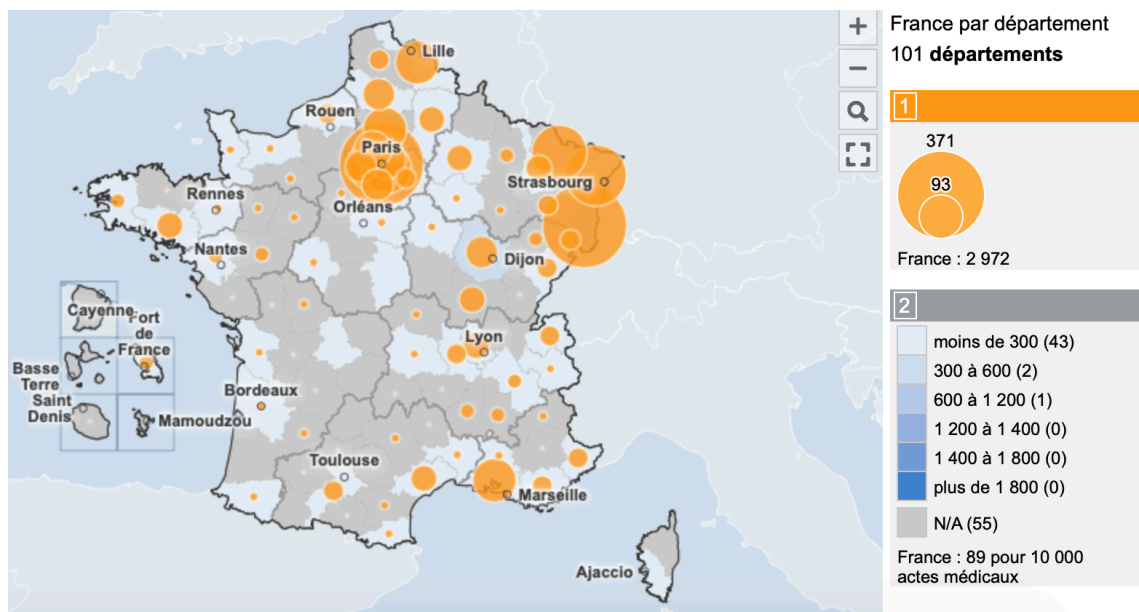
- Latour B. (2001), *L'espoir de Pandore*, La Découverte.
- Legardez A., Simonneaux L. (2011), *Développement durable et autres questions d'actualité : questions socialement vives dans l'enseignement et la formation*, Educagri.
- Meadows D. (2008), *Thinking in Systems*, Chelsea Green Institute.
- OFCE (2020), Evaluation au 30 mars 2020 de l'impact économique de la pandémie du COVID 19 et des mesures de confinement en France, *Policy Brief*, 65, 30 mars, 32 p.
- O'Neill B.C et al. (2014), « A new scenario framework for climate change research : the concept of shared socioeconomic pathways », *Climatic Change*, 122, p. 387 - 400.
- O'Neill B.C et al. (2017), The roads ahead ; Narratives for shared Socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century », *Global Environment Change*, 42, p. 169-180.
- Paton NI. et al. (2011), « Chloroquine for influenza prevention : a randomised, double-blind, placebo controlled trial », *The Lancet Infectious Disease*, September.
- Richmond B. (2000), "The thinking" in systems thinking. Honing your skills », *The Systems Thinker*, vol. 11, n° 8, Pegasus Communications.
- Senge P., Ross R., Smith B., Roberts C., Kleiner A. (1994), *The Fifth Discipline Fielbook*, Nicholas Brealey Publishing. London.
- Sterman J. (2000), *Business dynamics. Systems thinking and modeling for a complex world*, New York, Mc Graw-Hill Higher Education.
- Vacca R. (1973), *Demain le Moyen âge*, Albin Michel.
- Wack P. (1985), "Scenarios: Shooting the Rapids", *Harvard Business Review*, November - December, p. 139 - 150.
- Wack P. (1985), "Scenarios: Uncharted Waters Ahead", *Harvard Business Review*; September - October, p. 73 - 89.
- Wanf M. et al. (2020), « Remdesivir and Chloroquine effectively inhibit the recently emerged novel coronavirus (2019-nCoV) in vitro », *Cell Res*, February.
- Wellington J.J (1986), « *Controversial Issues in the Curriculum* », Oxford, Basil Blackwell.
- Wu F.Q et al. (2020), *SARS-CoV-2 titers in wastewater are higher than expected from clinically confirmed cases*, <https://doi.org/10.1101/2020.04.05.20051540>, 14 p.

## ANNEXE 1

### Evolution de la situation française du 19 février au 31 mars 2020

Figure 37

Actes médicaux pour suspicion de COVID 19 février au 10 mars 2020  
Personnes hospitalisées pour COVID 19 février au 18 mars 2020

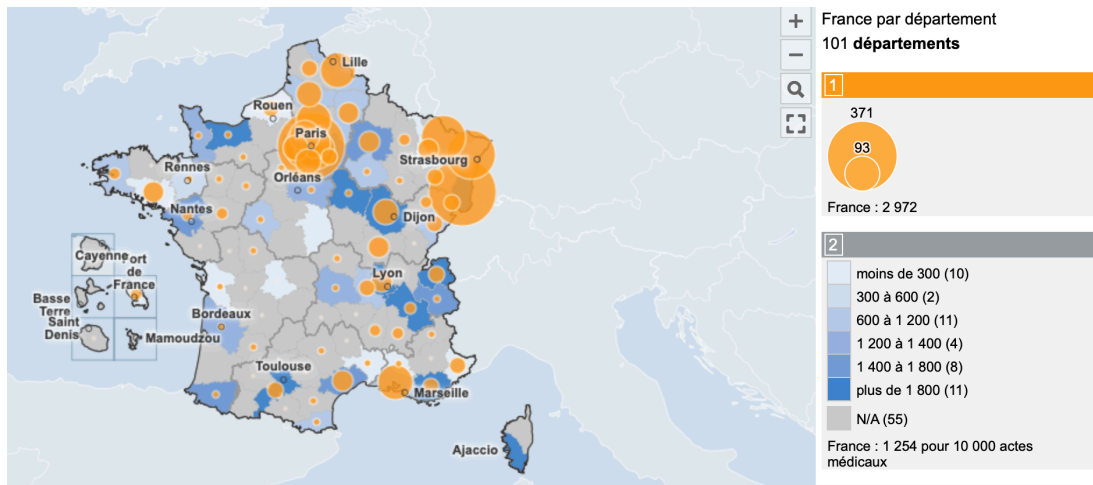


Source : Geodes (2020)

Du 24 février au 10 mars 2020, le nombre d'actes médicaux SOS médecins pour suspicion de COVID 19 était à peine de 89 pour 10000 pour la France. Toutefois, on pouvait noter (1) que beaucoup de départements n'avaient pas fait remonter leur chiffre (zone grise N/A) ; (2) que les situations étaient très disparates : des départements comme la Gironde (155/10000) et Paris (127/10000) avaient des actes médicaux relativement faibles alors que le Haut-Rhin (1071) et la Côte d'Or (345/10000) atteignaient des niveaux importants. Par ailleurs, des différences notoires apparaissaient du côté du nombre de personnes hospitalisées pour COVID 19 (la Gironde en comptait 7 et la Côte d'Or en comptait 60 alors que Paris en comptabilisait 359 et le Haut Rhin 371).

La situation n'est déjà plus la même, dès le 13 mars, et le nombre d'actes médicaux SOS médecins pour suspicion de COVID 19 va littéralement exploser (1254 cas pour 10 000 actes en France) et se généraliser à de nombreux départements : la Côte d'Or (3469/10000), le Haut Rhin (2831/10000), l'Yonne (2317), le Var (2148/10000), la Haute Garonne (2174), le Calvados (1807).

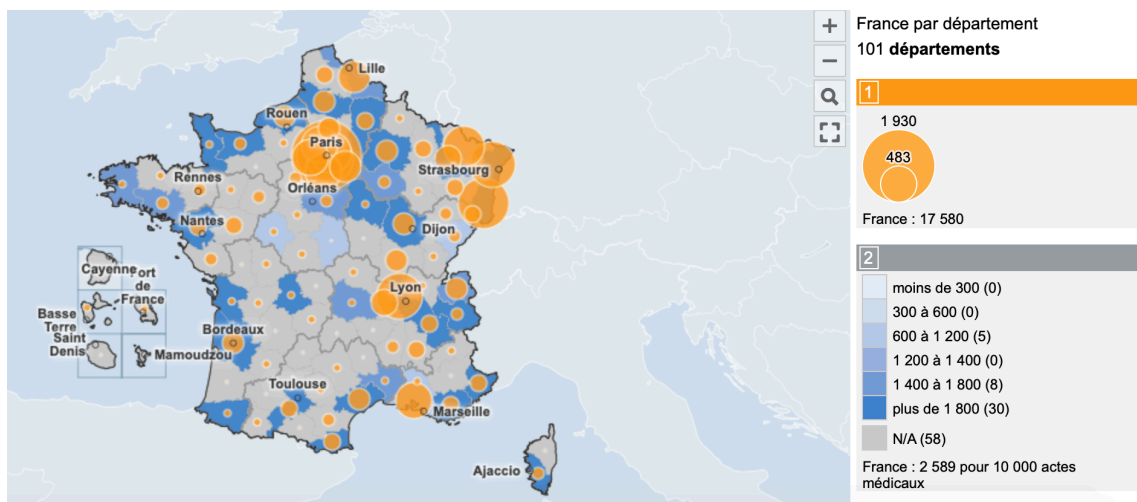
**Figure 38**  
*Actes médicaux pour suspicion de COVID 19 au 18 mars 2020*  
*Personnes hospitalisées pour COVID au 18 mars 2020*



Source : Geodes (2020)

Près de 10 jours plus tard (28 mars), la situation ne cesse de se dégrader... Le nombre d'actes médicaux SOS médecins pour suspicion de COVID 19 a plus que doublé sur la France entière (2589/10000) élargissant le périmètre de diffusion (2500 cas en Loire Atlantique ; 2857 cas dans la Manche, 4106 dans la Somme, 3797 cas la Savoie). Les départements qui avaient enregistré de nombreux actes médicaux dès le 10 ou le 12 mars, doivent faire face désormais à une recrudescence des hospitalisations : 1927 à Paris, 954 ans le haut Rhin, 860 dans le Rhône ou encore 600 dans les Bouches du Rhône.

**Figure 39**  
*Actes médicaux pour suspicion de COVID 19 au 28 mars 2020*  
*Personnes hospitalisées pour COVID au 28 mars 2020*



Source : GEODES (2020)

Ainsi, du 18 mars au 28 mars, le nombre de personnes hospitalisées est passé de 2972 à 17580 (soit une hausse de près de 600%). A cette hausse vertigineuse du nombre des hospitalisations, il convient également d'ajouter (toujours depuis le 18 mars), une hausse du nombre de personnes retournant au domicile (816 le 18 mars, 7131 le 19 mars), une hausse des personnes en réanimation (771 le 18 mars, 4592 le 29 mars) et une hausse des décès (218 en le 18 mars, 2606 le 29 mars).

## ANNEXE 2

Figure 40 : Pyramide des âges aux Etats Unis (par sexe)

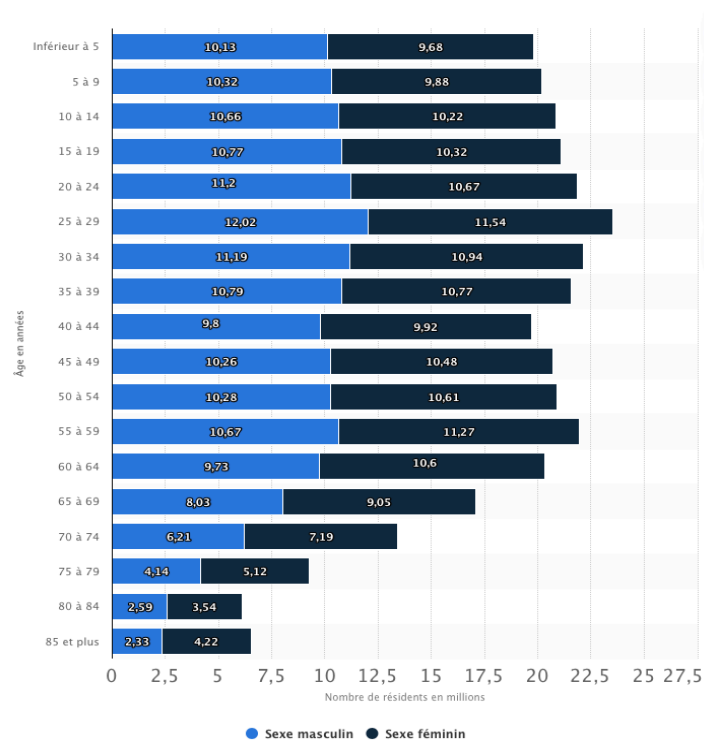
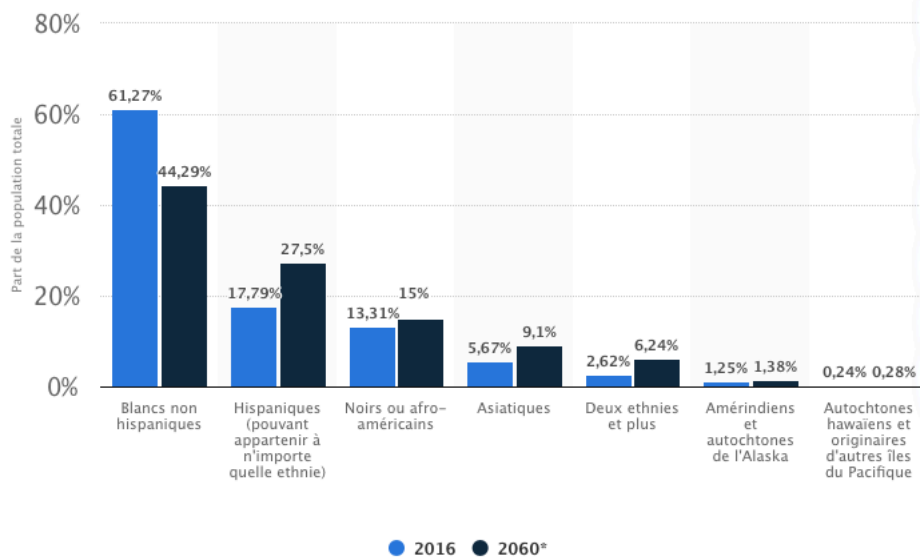


Figure 41 : Répartition ethnique



Source : Statistica (2020)



## ANNEXE 3

### Feuille de données

, "25-F√@v", "26-F√@v", "27-F√@v", "28-F√@v", "29-F√@v", "1-Mar", "2-Mar", "3-Mar", "4-Mar", "5-Mar", "6-Mar", "7-Mar", "8-Mar", "9-Mar", "10-Mar", "11-Mar", "12-Mar", "13-Mar", "14-Mar", "15-Mar", "16-Mar", "17-Mar", "18-Mar", "19-Mar", "20-Mar", "21-Mar", "22-Mar", "23-Mar", "24-Mar", "25-Mar", "26-Mar", "27-Mar", "28-Mar", "29-Mar", "30-Mar", "31-Mar", "1-Avr", "2-Avr", "3-Avr", "4-Avr", "5-Avr", "6-Avr", "7-Avr", "8-Avr", "9-Avr", "10-Avr", "11-Avr", "12-Avr", "13-Avr", "14-Avr", "15-Avr", "16-Avr", "17-Avr", "18-Avr", "19-Avr", "20-Avr", "21-Avr", "22-Avr", "23-Avr", "24-Avr", "25-Avr", "26-Avr", "27-Avr", "28-Avr", "29-Avr", "30-Avr", "1-Mai", "2-Mai", "3-Mai", "4-Mai", "5-Mai", "6-Mai", "7-Mai", "8-Mai"

"Casconfirmés", "13", "18", "38", "57", "100", "130", "191", "212", "285", "423", "613", "949", "1126", "1412", "1784", "2281", "2876", "3661", "4500", "5423", "6633", "7730", "9134", "10995", "12612", "14459", "16689", "19856", "22302", "25233", "29155", "32964", "37575", "40174", "44550", "52128", "56000", "60000", "64000", "68000", "72000", "76000", "80000", "84000", "88000", "92000", "96000", "100000", "104000", "108000", "112000", "116000", "120000", "124000", "128000", "132000", "136000", "140000", "144000", "148000", "152000", "155000", "157000", "158000", "158000", "157000", "156000", "152000", "148000", "142000", "134000", "126000", "124000", "120000"

"Nbhospitalisations", "400", "1200", "2579", "3626", "4461", "5226", "6172", "7240", "8675", "10176", "11539", "13904", "15732", "17620", "19354", "21008", "22757", "22457", "26157", "27857", "28707", "29557", "30407", "30807", "31207", "31407", "31607", "31807", "31907", "32100", "32200", "32100", "32000", "31900", "31800", "31700", "31500", "31000", "30500", "29500", "28000", "26500", "25000", "23500", "21500", "19500", "17500", "15500", "14000", "13500", "13000", "12500", "12000", "11500", "11000"

"NbRéanimation", "699", "931", "1122", "1297", "1525", "1746", "2082", "2512", "2827", "3375", "3787", "4273", "4632", "5107", "5565", "5965", "6365", "6765", "6965", "7165", "7265", "7365", "7265", "7165", "7065", "6965", "6865", "6765", "6665", "6465", "6265", "6065", "5865", "5665", "5300", "5000", "4700", "4400", "4100", "3800", "3500", "3100", "2700", "2300", "2200", "2100", "2000", "1900", "1850", "1800", "1750", "1700", "1650"

"Nbdécès", "1", "1", "1", "1", "1", "2", "2", "4", "4", "7", "9", "16", "21", "25", "33", "48", "61", "79", "91", "127", "148", "175", "244", "372", "450", "562", "674", "860", "1100", "1331", "1696", "1995", "2314", "2606", "3024", "3523", "4032", "4532", "5023", "5523", "6023", "6523", "7023", "7523", "8023", "8523", "9023", "9523", "10023", "10523", "11023", "11523", "12000", "12400", "12800", "13200", "13600", "14000", "14300", "14500", "14600", "14500", "14400", "14000", "13600", "13200", "12800", "12400", "12000", "11600", "11200", "10800", "10200", "9400"