

Supply chain et crises systémiques : l'apport des méthodes de modélisation et de simulation pour améliorer la résilience -cas de la pandémie de covid-19-

Supply chain and systemic crises: the contribution of modeling and simulation methods to improve resilience -case of the covid-19 pandemic-

Boubker Nejjar (*Professeur habilité à diriger les recherches*)
Centre Interdisciplinaire de Recherche en Performance et Compétitivité
Université Mohammed V de Rabat, Maroc

Adresse de correspondance :

École Supérieure de Technologie de Salé Avenue Prince Héritier-BP 227
Salé Médina, code Postal : 11150
Maroc
Tel : +212(0)5 37 88 15 61/62
Fax : +212(0)5 37 88 15 63/64

Déclaration de divulgation :

L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

Conflit d'intérêts :

L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

Citer cet article :

Nejjar, B. (2020). SUPPLY CHAIN ET CRISES SYSTEMIQUES : L'APPORT DES METHODES DE MODELISATION ET DE SIMULATION POUR AMELIORER LA RESILIENCE -CAS DE LA PANDEMIE DE COVID-19-. International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics, 1(2), 2-22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4016645>

DOI: 10.5281/zenodo.4016645
Published online: 15 September 2020

Copyright © 2020 – IJAFAME



Supply chain et crises systémiques : l'apport des méthodes de modélisation et de simulation pour améliorer la résilience -cas de la pandémie de covid-19-

Résumé

Les crises systémiques, qu'elles soient d'origine naturelle ou humaine, commencent à devenir récurrentes, notamment, les épidémies/pandémies comme celle que nous vivons actuellement, la Covid-19. La survenance d'une épidémie, toujours d'une manière imprévisible et brutale, pose de sérieux défis aux décideurs, à l'image des gestionnaires des Supply Chain (S.C), spécialement, de dimension mondiale. En temps normaux, le management des S.C est conçu dans une logique d'optimisation, mais, en temps d'incertitudes, nées d'un retournement de situation, il faut acquérir de nouveaux savoir-faire en matière de gestion de crises épidémiques. C'est pourquoi, l'usage des approches de modélisation et de simulation, il se présente comme des outils d'aide à la décision, qui sont capables d'atténuer les risques et de prédire l'avenir d'une S.C avec plus de lucidité et d'efficacité. La littérature académique sur le sujet et les bonnes pratiques recensées, montrent que grâce aux méthodes de simulation, les S.C impactées par les crises systémiques (pandémiques) peuvent récupérer rapidement et revenir en force sur le marché, en somme, renforcer leur résilience. Donc, les algorithmes de simulations constituent des artefacts robustes d'aide à la décision, aussi bien pour les décideurs publics que privés.

Mots clés : S.C- perturbations- crises systémiques- modélisation/simulation- résilience.

Classification JEL: M16, C15, D81.

Type de l'article : Papier de recherche.

Abstract

Systemic crises, whether natural or man-made, are starting to become recurrent, including epidemics / pandemics like the one we are currently experiencing, COVID-19. The occurrence of an epidemic, always in an unpredictable and brutal manner, poses serious challenges to decision-makers, like the managers of Supply Chain (S.C), especially, of global dimension. In normal times, the management of S.C is designed with a logic of optimization, but, in times of uncertainty, born of a turnaround, it is necessary to acquire new know-how in the management of epidemic crises. This is why, the use of modeling and simulation approaches, it is presented as decision support tools, which are able to mitigate risks and predict the future of a CS with more than lucidity and efficiency. The academic literature on the subject and the good practices identified, show that thanks to simulation methods, S.Cs impacted by systemic (pandemic) crises can quickly recover and come back in force on the market, in short, strengthen their resilience. Therefore, simulation algorithms constitute robust decision-making artefacts, both for public and private decision-makers.

Keywords: S.C- disturbances- systemic crises- modeling / simulation- resilience.

JEL classification : M16, C15, D81.

Paper type: Working paper.

1. Introduction

Depuis le début de l'année 2020, la pandémie de Covid-19 ne cesse de susciter polémiques et interrogations, compte tenu de ses implications, simultanées, socio-économiques, médicales, politiques et de bien-être, en général (Nicola et al., 2020).

Sur un point purement business, celui du management de la S.C (*Supply Chain*), entendue comme la gestion des ressources, méthodes et outils destinés à piloter efficacement la chaîne globale d'approvisionnement et de livraison d'un produit/service jusqu'au consommateur final ; cette crise sanitaire, que nous assimilons à une crise systémique, a posé de sérieux défis aux gestionnaires logisticiens pour les raisons suivantes : **a)** l'ampleur de la crise, touchant toutes les S.C mondiales, **b)** l'effet disruptif, tous les maillons de la S.C (fournisseurs, distributeurs, etc.) sont impactés et, **c)** les changements rapides et involontaires, comme les baisses/hausses brutales des demandes pour certains produits (exemples, les masques de protection et les respirateurs artificiels) (Craighead et al., 2020, Li et Zobel, 2020).

Devant de telles perturbations, les décideurs ont fait appel aux approches de modélisation et de simulation en vue de faire face aux incertitudes induites par ces événements imprévus et involontaires et, par conséquent, améliorer la résilience des S.C (Ivanov, 2020).

Suivant cette tendance, nous inscrivons cette étude dans une problématique qui s'interroge sur la possibilité offerte aux décideurs logisticiens, lors d'une crise systémique, de faire un bon usage des méthodes de modélisation et de simulation, afin de prendre des décisions rationnelles à même d'atténuer les risques environnementaux inhérents aux S.C et de renforcer leur résilience. La question de recherche sous-jacente à cette problématisation, qui attire une cohorte de chercheurs (Haghani et al., 2020), interpelle le contexte d'un événement perturbateur imprévisible et brutal où est-il possible d'améliorer la performance d'une S.C, impactée de l'amont à l'aval, en s'appuyant sur les méthodes de simulation ? La réponse à cette question mènera à la contribution aux connaissances dans le domaine d'étude sur la résilience des S.C en temps de crise systémique (épidémique). Aux moyens d'une analyse critique de la littérature récente sur le sujet abordé et d'un benchmark des meilleures pratiques d'usage des méthodes de simulation, nous allons devoir vérifier la solidité de deux hypothèses (H) centrales :

- H1, dans une situation d'incertitude, même radicale, il est possible pour une S.C de s'y adapter et, encore plus, d'en ressortir renforcée.

- H2, les approches de modélisation et de simulation constituent des outils d'aide à la décision capables de rendre les S.C résilientes dans un environnement nuisible.

Il y a deux autres hypothèses complémentaires, que nous dévoilerons au fil de notre rédaction, mais que nous considérons comme des postulats, tacitement reconnus par les académiciens.

Notre plan d'étude commencera par montrer l'intérêt, précoce, des épidémiologistes pour la simulation. Puis, nous soulignerons le caractère perturbateur des épidémies sur les S.C. Après, nous nous attèlerons à exposer l'usage des approches de modélisation pour différents types de décisions. Ensuite, nous préciserons les caractéristiques de modélisation d'une S.C résiliente. Finalement, nous discuterons de la démarche à suivre pour une meilleure utilisation des approches de simulation comme outils d'aide à la décision en faveur des S.C.

2. Épidémies et modélisation

Le virus de la Covid-19, appelé aussi SARS-CoV-2, fait partie de la vaste famille des coronavirus qui peuvent être pathogènes chez l'homme comme chez l'animal. Les coronavirus, pour les humains, peuvent causer des infections respiratoires dont les manifestations vont du simple rhume à des maladies plus graves, comme le syndrome respiratoire du Moyen-Orient (MERS) et le syndrome respiratoire aigu sévère (SARS). Le dernier coronavirus, apparu pour la première fois en décembre 2019 dans la région de Wuhan en Chine, est responsable de la maladie à coronavirus 2019 ou la Covid-19, ayant une capacité de propagation très élevée. D'ailleurs, en peu de temps, de décembre 2019 à mars 2020, l'infection est devenue mondiale. En fait, le 11/03/2020 l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) a déclaré la Covid-19 comme une pandémie. Actuellement, le virus tarabde l'esprit de la communauté scientifique, surtout pour trouver un remède efficace (vaccin et/ou médicament). Toutefois, le génome du virus a été décrypté, ses modes de transmission et sa période d'incubation sont connus, ainsi que ses symptômes et manifestations cliniques (les informations dans ce paragraphe sont tirées des sites web de l'OMS et de Wikipédia, durant la première semaine de juillet 2020).

En épidémiologie, le modèle SIR, connu en anglais sous l'acronyme SEIR¹ (Kermack et McKendrick, 1927), est l'algorithme le plus fréquemment utilisé pour simuler l'évolution d'une épidémie. Ce modèle permet de répondre aux questions suivantes : comment atténuer l'intensité d'une épidémie ? Comment diminuer la probabilité d'infection ? Et, comment diminuer le temps moyen

¹ SEIR : S=Susceptible, E=Exposed, I=Infectuous, R=Recovred.

SIR: S=sains Susceptibles d'être infectés, I=personnes Infectées, R=personnes Rétablies.

d'une infection ? En d'autres mots, quelles mesures à prendre dans le but d'aplanir le plutôt possible la courbe normale d'évolution d'une épidémie ou bien de rendre le taux de reproduction de base, le fameux R_0 , nul ou proche de zéro. Donc, quand c'est possible, la vaccination et les médicaments sont efficaces pour se faire, sinon, c'est le cas de la Covid-19, on se contente des mesures préventives comme : la distanciation physique, le confinement, les équipements de protection contre le virus et les gestes d'hygiène de vie.

Aujourd'hui, il existe plusieurs modèles à l'image du SIR, selon les spécifications qu'on voudrait mettre en exergue, comme : SEIS, SIRS, SIS (Lui et al., 2020). Presque dans chaque pays, voire par régions de pays, il y a eu des simulations de la propagation du virus Covid-19, annonçant des mesures sanitaires de grande envergure aux corollaires socio-économiques très dommageables, tels ce qu'endurent les chaînes logistiques.

3. Les fondements théoriques d'une crise systémique (pandémique)

Quel fondement théorique (au pluriel) pouvant nous offrir une compréhension conceptuelle pertinente de l'action des firmes, précisément, dans le domaine des S.C ? Depuis quelques années, les épidémies ne sont plus des épiphénomènes, elles posent de véritables défis managériaux, insoupçonnés il y a peu de temps, comme le cas aujourd'hui avec la Covid-19. Étant donné cela, Craighead et al. (2020) proposent une « boîte à outil théorique », un recensement de dix théories, en vue de dresser un agenda de recherche en management des S.C en temps de pandémie. Nous y puisons, pour s'en accommoder, **la théorie des options réelles** (*real options theory*) qui recommande de se concentrer sur la façon de prendre de meilleures décisions dans des situations incertaines. Donc, les gestionnaires gèrent l'incertitude en se créant de véritables options dans lesquelles ils ont la possibilité, mais pas l'obligation, de prendre des décisions plus audacieuses à mesure que l'incertitude est résolue (Myers, 1977). Il semble que cette théorie est plus adaptée pour les financiers que pour les logisticiens. C'est pourquoi, nous voulons prolonger cette liste de théories en y incluant deux autres supplémentaires, fort utiles dans un contexte de S.C en temps de pandémie, qui sont : la théorie de l'oubli de la fréquence de base, connue également sous le nom de **la négligence de la taille de l'échantillon** (*probability neglect*) et **la théorie de l'effectuation et de la causation**.

Sur la base des travaux originaux de Kahneman et Tversky, surtout dans les années 70 du siècle passé (Kahneman, 2003 ; Kahneman et Tversky, 1973, 1974), la **probability neglect theory** explique qu'il y a un biais cognitif lié aux lois statistiques, qui se manifeste par le fait que les gens oublient (effet psychologique) souvent de considérer la fréquence (faible) de base de

l'occurrence d'un événement lorsqu'ils cherchent à en évaluer une probabilité, ce qui les pousse à surestimer cette probabilité (faible) et adoptent, en conséquence, des réactions excessives car craignant, plus, les risques d'impact élevés si cette probabilité devient une réalité. C'est l'exemple, imaginaire, de la probabilité de survenance (très minime) d'une attaque terroriste avec des armes biologiques, ce qui pousse certaines personnes ou gouvernements à construire des bunkers pour se cacher ou se procurer des équipements de protection surréalistes contre un danger très spéculatif. Suivant ce raisonnement, Sunstein (2020a) soutient que c'est parce que la Covid-19 est une nouvelle maladie, qui peut être létale pour n'importe quelle personne, elle suscite alors de fortes émotions qui occultent une analyse probabiliste rationnelle, après quoi, les gens négligent la faible probabilité de décès au coronavirus (en fait les statistiques le prouvent) et prennent des actions exagérées pour renforcer leur sécurité (sanitaire et alimentaire). C'est en partie juste, au début de la crise sanitaire actuelle, lorsqu'on a constaté que des ménages ont fait des stocks de produits alimentaires ou acheter des produits d'hygiène en quantités démesurées, créant par-là des ruptures de stock injustifiées. Dans ce cas, la théorie explique le comportement instinctif de préservation de soi. Toutefois, pour ceux qui raisonnent rationnellement, constatant que la Covid-19 n'est pas si mortelle comme on peut le penser, pourquoi alors se confiner et changer son mode de vie ? Ce raisonnement a été derrière le comportement, tout aussi irresponsable que les mesures draconiennes, d'inaction de certains gouvernements et personnes car jugeant le taux de létalité du virus faible et qu'il faudra plutôt s'adapter à vivre avec la présence du Covid-19 les mois, voire les années, à venir. La conséquence en a été une explosion de l'épidémie et le creusement de la panique parmi la population, tels les cas de la Suède et du Brésil. C'est le phénomène de la croissance exponentielle qui survient de la sous-estimation des risques épidémiologiques, mais, malheureusement, qu'on ne peut vérifier qu'après coup (Sierón, 2020). Finalement, en fait, cette théorie explique deux types de comportement logiquement opposés, mais pour les décideurs de la S.C, surtout, elle permet de faire face à des pénuries qu'on ne peut prévoir a priori.

La deuxième théorie que nous mobilisons pour notre analyse d'une S.C soudainement submergée par une incertitude graduellement montante, est celle **de l'effectuation et de la causation**. Celle-ci, initialement prévue dans le domaine de l'entrepreneuriat, comprend deux logiques complémentaires de la décision et de l'action sous incertitude : l'effectuation et la causation (Sarasvathy, 2001, Sarasvathy et Dew, 2008 ; Read et Dolmans, 2012 ; Berends et al., 2014). L'effectuation (voir tableau n°1) repose sur une logique sous-jacente de contrôle d'un futur considéré comme imprévisible. Elle permet à l'entrepreneur, que nous confondons avec le manager pour les besoins de notre étude, de décider et d'agir dans une incertitude radicale inhérente à des

événements uniques vis-à-vis desquels l'entrepreneur-manager ne possède pas le know-how nécessaire. Dans ce cas, l'entrepreneur-manager s'appuyant sur ses ressources intangibles (son identité, ses connaissances, son capital social) et sur son réseau de partenaires (relationship, clients, fournisseurs, concurrents), parvient à fixer un niveau de pertes acceptables en contrôlant les risques d'échec (réduction de l'incertitude) et à créer un couple produit-marché de la situation. A ce niveau, nous émettons l'hypothèse suivante :

- H1 : dans une situation d'incertitude, même radicale, il est possible pour une S.C de s'y adapter et, encore plus, d'en ressortir renforcée.

La causation (voir tableau n°1), quant à elle, part d'une logique fondée sur un futur qui peut être prédit grâce à des techniques rationnelles d'analyse ou d'estimation (nous pouvons dire également de modélisation et de simulation). Elle suppose des prises de décisions basées sur des calculs de rentabilité et des actions visant à contrer les concurrents ou à éviter les événements inattendus.

Selon Sarrouy-Watkins et Hernandez (2015) les logiques *effectuales* et causales impliquent une série de décisions et d'actions suivant cinq principes propres à chaque logique (voir tableau n°1).

Tableau 1- Principes effectuales et causaux

Effectuation	Causation
Principe : Ressources disponibles Décision/Action : Définir les bute à partir de ressources disponibles	Principe : Buts préexistants Décision/Action : rechercher les ressources disponibles afin d'atteindre des buts préexistants
Principe : Pertes acceptables Décision/Action : Décider en fonction d'un niveau de pertes ou de risques acceptables	Principe : Rentabilité attendue Décision/Action : Décider selon de stricts calculs coûts-bénéfices
Principe : Partenariats stratégiques Décision/Action : Créer un réseau de partenaires stratégiques	Principe : Stratégies concurrentielles Décision/Action : Contrer les concurrents et exploiter leurs faiblesses
Principe : Exploiter les contingences Décision/Action : Exploiter les événements inattendus vus comme des opportunités	Principe : Éviter les contingences Décision/Action : Éliminer les contingences au travers d'une logique de prévision et de planification
Principe : Contrôle du futur Décision/Action : Contrôler un futur imprévisible	Principe : Prévision du futur Décision/Action : Prévoir un futur incertain

Source: Adapté de Sarasvathy (2001)

Comment contextualiser cette théorie dans notre étude ? Au démarrage du désastre épidémiologique, situation provoquant panique et instabilité, voire arrêt total de l'activité, nous sommes dans le cas de figure de l'effectuation. Cependant, avec le temps, l'incertitude diminue ou bien nous arrivons à mieux prévoir, nous versons dans le contexte de la causation, où il est possible

d'envisager le futur avec plus d'optimisme et d'optimisation, grâce aux techniques de simulation couplées au principe de résilience (à voir après).

Au terme de cet exposé théorique, nous émettons notre deuxième hypothèse :

- H2 : les approches de modélisation et de simulation constituent des outils d'aide à la décision capables de rendre les S.C résilientes dans un environnement nuisible.

4. Les S.C : entre incertitudes et perturbations systémiques

Certes, les perturbations alimentent les incertitudes, mais pour les managers des S.C il ne faut surtout pas céder au catastrophisme.

4.1.Incertitudes et S.C

Les économistes sont les premiers à s'intéresser à l'incertitude via la probabilité qu'ils peuvent calculer et mesurer, partant de-là, ils ont cherché à maîtriser les situations. Les managers, quant à eux, ils adoptent une approche pragmatique, c'est-à-dire, ils abordent l'incertitude en mettant l'accent sur le manque d'informations pour décider et agir, de la sorte, ils tirent un avantage (bénéfice) des situations incertaines, donc, pour eux, l'incertitude n'a pas que des effets négatifs, elle est aussi une opportunité à saisir. Ainsi, les entreprises devraient-elles être proactives à l'égard de leur environnement, plutôt que réactives (Weick, 1977 ; Chapman et Ward, 2000). Les mathématiciens se sont penchés sur les attributs de l'information incertaine et ont essayé de modéliser le traitement d'une telle information (Hassanzadeh et al., 2011).

Depuis une dizaine d'années, concrètement, les incertitudes subies par les entreprises sont alimentées par : la prolifération des produits, la raréfaction des matières de base, les innovations de produits, la réduction des cycles de vie des produits, l'exigence accrue des clients, la compétition globalisée, les progrès technologiques, la multiplication et l'opportunisme des partenaires, le transport, l'entreposage, etc. En d'autres mots, à l'origine des multiples incertitudes se trouve un flux d'information improprement géré, inopportun et vieilli (Byrd et Davidson, 2003 ; Manuj et Mentzer, 2008). Ce constat rejoint la définition de l'incertitude donnée par Galbraith (1973) comme étant l'absence d'informations, plus spécifiquement, la différence entre la quantité de renseignements requis pour effectuer une tâche (action) et la quantité d'informations dont l'organisation dispose (décision).

Proprement aux S.C, il existe plusieurs incertitudes environnementales (Van Der Vorst et Beulens, 2002 ; Chen et Paulraj, 2004 ; Ruel, 2013). Nous en recensons trois, particulièrement significatives, avec comme toile de fond l'étendue du changement et son imprévisibilité :

- L'incertitude liée à l'offre : approvisionnement, concurrents, réglementation, partenaires et distribution ;
- L'incertitude liée à la demande : exigence, goût et qualité ;

- L'incertitude liée au progrès technologique : évolutions technologiques, notamment, dans le domaine logistique.

Suite à la multiplication des désastres, d'origine humaine ou naturelle, et leurs impacts imprévisibles, nous sommes tentés de rajouter une autre incertitude, celle-ci est liée aux perturbations systémiques (épidémiques dans notre cas).

Détenir une information, la traiter efficacement (de préférence par des technologies adaptées) et envisager sa finalité (décision/action) sont au cœur de la problématique de la flexibilité recherchée vis-à-vis d'un environnement incertain.

4.2. Perturbations et S.C

Les perturbations de la S.C résultent de la combinaison d'un événement déclencheur involontaire et imprévu, qui se produit en amont de la S.C, d'un réseau logistique impliqué ou l'environnement d'achat (*sourcing*) et d'une situation consécutive, de laquelle combinaison naît une menace sérieuse sur le cours normal des activités de l'entreprise focale (Bode et McDonald, 2017).

Les perturbations (tremblements de terre, inondations, guerres, blocus, épidémies, etc.) font partie intégrante des S.C d'envergure internationale, indépendamment du marché de niche dans lequel ces S.C opèrent ou de la nature critique (stratégique) des biens et services qu'elles fournissent. Bien que de nombreuses perturbations nécessitent la résilience dans une seule S.C, les pandémies et autres menaces systémiques perturbent tout un réseau de fournisseurs en peu de temps. Les pandémies et épidémies mettent à rude épreuve non seulement les S.C médicales, qui doivent augmenter leurs capacités de production, mais elles testent également le potentiel d'adaptation du réseau mondial d'approvisionnement et de logistique (Golan et al., 2020).

La littérature existante sur la S.C concernant les épidémies, encore moins sur les pandémies, se concentre sur la S.C médicale seulement, avec peu de publications sur la menace systémique des S.C mondiales tout au long d'une épidémie (Haghani et al., 2020). Par exemple, parmi les rares publications anciennes sur le sujet, Sheffi (2015) a abordé, spécifiquement, les pandémies de grippe en tant que risques sur la S.C, en soulignant les dimensions des perturbations, dans la mesure où la nature même d'une épidémie menace non seulement la vie humaine, mais la base du réseau mondial de logistique. Ainsi, Sheffi (2015) distingue entre une perturbation localisée (catastrophe naturelle, accident industriel, attaque terroriste, etc.) et une crise mondiale, systémique, telle qu'une pandémie. Celle-ci affecte simultanément plusieurs pays et industries, la peur de la contagion en résultant, se traduit par des tendances imprévues du marché, telles que la flambée des prix et la thésaurisation (perturbations des disponibilités bancaires en liquidités), et la réduction de la demande dans plusieurs industries. De son côté, Ivanov (2020) fait remarquer

que la propagation des épidémies constitue un risque particulier sur les S.C, ceci en trois dimensions :

- L'installation de la perturbation sur le long terme et son ampleur imprévisible,
- La propagation simultanée des perturbations dans les S.C (effet d'entraînement), et la transmission de l'épidémie parmi la population (risque pandémique),
- Et, des perturbations simultanées de l'offre, de la demande et des infrastructures logistiques.

C'est particulièrement juste pour les épidémies récentes d'Ébola, du SARS ou de Covid-19. Nous reviendrons, dans le point six, sur les caractéristiques d'une S.C résiliente en temps de perturbation systémique.

Après avoir montré la gravité d'un événement pandémique ou bien risque systémique sur la S.C, alimentée, en plus, par l'incertitude qui s'en suit, il est question, maintenant, de voir comment les approches de modélisation et de simulation permettent-elles aux S.C d'envisager le futur avec une rationalité élargie et améliorée ? Au terme de ce point, donc, nous émettons une troisième hypothèse, un postulat en fait :

- H3 : les perturbations épidémiques accentuent l'incertitude des S.C.

5. Les méthodes de modélisation et de simulation : des outils d'aide à la décision pour les S.C

Depuis le début de la crise sanitaire causée par la Covid-19, les décideurs, publics et privés, avaient eu recours aux méthodes de modélisation et de simulation pour, en premier, comprendre la transmission de l'épidémie et pour, en second, déterminer la meilleure façon de réduire la pression sur les systèmes de santé (Ferguson et al., 2020). Bien après, il fallait (mais cela continue) faire face aux défis nés du confinement et de sa levée, qu'ils soient de nature économique ou de vie ordinaire des personnes. Dans ce contexte, quelles méthodes de modélisation choisir ? Et quelles sont les modélisations adaptées aux S.C ?

5.1. Les principales méthodes de modélisation et de simulation

Principalement, il existe quatre méthodes de modélisation, qui sont : la Simulation à événements discrets (SED, *Discrete event simulation*, DES), la simulation basée sur les Systèmes dynamiques (SD, *System dynamics*, SD), la Simulation basée sur les agents (SBA, *Agent based modelling*, ABM) et la Simulation hybride (SH, *Hybrid simulation*, HM). Ici, nous évitons d'aborder la discussion algorithmique derrière chaque modèle. Cependant, la littérature sur le sujet (Borshchev et Filippov, 2004 ; Brennan et al., 2006 ; Brailsford et al., 2014, 2018) expliquent qu'il y a trois critères de choix d'une méthode de

modélisation : les exigences des décideurs, le type de problème traité et la complexité du système et de ses caractéristiques. Succinctement, voici les caractéristiques de chaque famille de modélisation :

- Les SED, ce sont des modèles stochastiques particulièrement appropriées pour traiter les décisions opérationnelles et tactiques et permettent une représentation du système productif au niveau de granularité pertinent (espace, temps, tâches, etc.) pour anticiper l'impact des décisions que l'on projette de prendre. Les SED sont propices pour déterminer l'impact de la disponibilité des ressources (personnel, équipements, etc.) sur les temps d'attente et le nombre d'unités en attente.

- Les SD, ce sont des modèles basés sur des équations différentielles, développés pour la première fois par Forrester (1961) pour aider les managers à mieux comprendre les problèmes industriels. Les SD simplifient la réalité étudiée (modèles restrictifs ou macroscopiques, donc pauvres en détails) en termes de stocks (ressources de différentes natures), des flux entre ces stocks et les valeurs de ces flux. Ils sont très adaptés pour les décisions stratégiques ou affectant une population entière. C'est le cas avec le modèle épidémiologique SIR (voir en haut), qui est un exemple typique d'un SD.

- Les SBA, ce sont des modèles stochastiques (comportement aléatoire dans le temps) qui peuvent être utilisés pour modéliser les interactions des individus au sein d'une population, permettant à un décideur de déterminer comment de petits changements de comportement et d'interactions peuvent influencer les résultats au niveau de la population. Également, les SBA sont appropriés pour modéliser les épidémies.

- Les SH, ce sont des modèles qui combinent au moins deux des trois approches citées (SED, SD, SBA) pour modéliser des systèmes (industriels ou S.C) étendus et complexes où les différents éléments du système étudié peuvent être mieux capturés par deux ou plus des méthodes de simulation.

Y a t il une modélisation plus valable que d'autres pour un type de décision bien déterminé ? Le point suivant donne des éléments de réponse à cette question.

5.2.Type de décision et modèle de simulation correspondant

Dans le but de nous donner une vue d'ensemble sur l'utilité des approches de modélisation et de simulation, spécialement dans le cas de Covid-19, Currie et al. (2020) ont dressé une liste des types de décisions qui pourraient être prises et ont proposé les modèles de simulation qui leur conviennent (voir

tableau n°2). C'est un travail plus que pédagogique, puisqu'il est enrichi par des exemples concrets.

Tableau 2- Les méthodes de simulation suggérées pour chaque type de décision identifié

Types de décision	Méthodes de simulation suggérées
1- Stratégies de quarantaine et cas d'isolation	SD au niveau de la population, SBA pour capter le comportement individuel.
2- Mesures de distanciation sociale	SD au niveau de la population, SBA pour capter le comportement individuel, SED et SH pour les modèles opérationnels.
3- Comment gérer la fin du confinement	SD au niveau de la population, SBA pour capter le comportement individuel.
4- Livraison des tests	Ciblage des tests :SD au niveau de la population, SBA pour capter le comportement individuel. Livraison des tests :SED.
5- Ciblage de la vaccination	SD au niveau de la population, SBA pour capter le comportement individuel. Livraison de la vaccination :SED.
6- Capacité des lits d'hospitalisation et des soins intensifs	SED ou SD pour modèles des ressources requises. SH, combinant les modèles SED pour les opérations hospitalières et les modèles SD pour la description de propagation de l'épidémie.
7- Recrutement du personnel	SED pour les opérations hospitalières. SD pour représenter la disponibilité du personnel désiré au niveau national.
8- Management des ressources entre régions	SD ou SED pour la logistique et les S.C, SBA pour comportements individuels.
9- État des seuils d'admission et sortie des patients (des hôpitaux)	SED pour modèles opérationnels et SD pour une vue plus stratégique.
10- Minimisation de l'impact sur les autres patients (non-Covid-19)	SED pour les modèles opérationnels, SD pour les retours sur le rationnement des soins.
11- Santé et bien-être	SD pour les impacts au niveau de la population ou SH combinant SD et SBA.

Source : Adapté de Currie et al. (2020)

Au terme de ce paragraphe sur les méthodes de modélisation et de simulation, nous adoptons une quatrième hypothèse complémentaire (H4), sous forme d'un postulat :

- H4 : pour chaque type de décision (opérationnel, tactique ou stratégique) lui correspond, au moins, une méthode de simulation et de modélisation.

5.3.Les modélisations/simulations et les S.C

Avant tout travail de modélisation, il y a lieu de déterminer la nature du processus de la S.C, autrement dit, est-ce que les produits manipulés donnent-

ils lieu à une transformation physique et/ou à un stockage ou à un transport ou bien les trois à la fois ? Cette question, nous amène à distinguer trois types de S.C : discrète, continue et hybride.

Généralement, la littérature académique (Degoun et al., 2015) recommande ceci :

- Une S.C discrète doit être simulée par les modèles SED,
- Une S.C continue doit être simulée par les modèles SD,
- Une S.C hybride doit être simulée par les modèles SH.

La distinction du caractère discret ou continu d'une S.C pose des problèmes pointus pour les modélisateurs, par exemple, la discrétisation d'un flux continu (Bara et al., 2020). Globalement, les modèles de simulation sont particulièrement utiles pour l'analyse lorsque l'impact des perturbations sur la performance des S.C doit être calculé dans des conditions de changement en fonction du temps. En outre, il est possible que l'analyse porte sur une variété d'indicateurs de performance : financière, de clientèle et opérationnelle (Li et al., 2019). Également, les modèles de simulation tiennent compte des contraintes logiques et aléatoires, tels que l'aléa des perturbations, de gestion des stocks, de la production, de l'approvisionnement et des livraisons, sans omettre la perte des capacités d'action (arrêt de travail) et leur récupération progressive (Ivanov et Dolgui, 2020). D'ailleurs, les deux derniers éléments concernant les capacités productives ou d'action, commencent à trouver un intérêt croissant dans la littérature académique (Ivanov, 2020). Finalement, les méthodes de simulation ont l'avantage d'ajouter à la gestion des paramètres complexes d'optimisation des S.C, des changements de comportement situationnels des éléments composant la S.C, au fil du temps.

6. La modélisation au service des S.C résilientes

Est-ce que les plans de gestion des crises pandémiques, soutenus par les méthodes de simulation, peuvent-ils être d'un grand secours aux S.C rodées pour l'optimisation de l'efficacité ? La résilience des S.C est-elle une fatalité ?

6.1. La résilience des S.C : un concept inachevé

Le concept de résilience de la S.C, que nous relient à celui de la perturbation, traité précédemment, pose la question de la survie dans un environnement hostile. La littérature sur le sujet s'épaissit au fil du temps, surtout à partir des années 2013-2014 (Ivanov, 2017 ; Hosseini et al., 2019, Golan et al., 2020). Ainsi, une S.C résiliente, selon la *National Research Council* (2012), est en mesure de se remettre des impacts négatifs des perturbations imprévues et de s'adapter à des événements futurs incertains. Des auteurs ont essayé de subtiliser l'idée de résilience de la S.C et en ont proposé des lectures « améliorées ». En effet, Ivanov et Dolgui (2020) suggèrent d'utiliser le terme de « *viability* », plus fort que celui de résilience selon eux,

par analogie au modèle écologique qui considère la viabilité comme un système capable de s'auto-maintenir et de récupérer (de se remettre) en présence de perturbations sur un horizon de long terme. Quant à Craighead et al. (2020), ils proposent le concept de « *transilience* » de la S.C, une synthèse entre la résilience et la transformation, qu'est la capacité de restaurer simultanément certains processus et de changer, souvent radicalement, pour relever les défis induits par la perturbation. Toutefois, nous adoptons la définition donnée par Ponomarov et Holcomb (2009), car se veut « complète », pour qui la résilience d'une S.C est « *adaptive capability of the supply chain to prepare for unexpected events, respond to disruptions, and recover from them by maintaining continuity of operations at the desired level of connectedness and control over structure and function* ». Cette définition fait référence aux quatre attributs d'une S.C résiliente, à savoir : planifier, absorber, récupérer et adapter (Golan et al., 2020).

6.2. Les caractéristiques de la modélisation d'une S.C résiliente

Comme nous l'avons dit en haut, les pandémies représentent une menace unique pour les S.C puisqu'elles sont imprévisibles, leurs impacts peuvent être retardés et leur propagation étalée sur le temps et l'espace. En vue de modéliser/simuler une S.C en temps de pandémie, des auteurs en ont distingué un certain nombre de caractéristiques. Par exemple, Bhattacharya et al. (2013) évoquent les types de charge des perturbations, distinctions importantes pour modéliser les S.C résilientes, qui sont : i) calamités naturelles/charge distribuée, ii) maladies infectieuses/charge répartie, iii) récession économique, crise de changes/charge distribuée, iv) fluctuations du marché/charge répartie et, v) panique psychologique chez les clients/charge d'impact. Tandis que Ivanov (2020) caractérise les risques épidémiques planant sur les S.C par trois éléments, comme énoncé précédemment (voir point 4.2) : caractère imprévisible et long-termiste de la perturbation, effet d'entraînement de la perturbation sur la S.C et perturbations des marchés et infrastructures logistiques. Enfin, Anparasan et Lejeune (2018), qui ont travaillé sur l'épidémie de choléra ayant sévi en Haïti l'an 2010, ont démontré que les données chronologiques détaillées sur les patients visent à faciliter le développement et l'évaluation des modèles de S.C multi-périodes qui soutiennent les interventions sanitaires d'urgence, allouant, ainsi, les ressources médicales (y compris le personnel) et conçoivent des mécanismes de coordination entre les acteurs humanitaires. Leur travail contribue à pallier le manque d'aide à la décision dans un pays en développement frappé par une épidémie et une carence dans les données. Vraisemblablement, les enseignements à tirer de la crise sanitaire actuelle (elle en cache d'autres) amélioreront nos connaissances sur la modélisation des S.C dans les quelques années à venir.

7. Discussion et limites

La récurrence des crises systémiques, surtout de type épidémique, impose aux décideurs d'adapter leurs pratiques de management afin d'y faire face avec plus de perspicacité. Dans ce cas, des plans de crise sont fortement souhaités, mais s'ils sont établis aux moyens d'outils d'aide à la décision rationnels, ce serait plus adéquat. A cet effet, la construction de modèles de simulation s'insère parfaitement dans les problématiques managériales et scientifiques qui dépassent le simple cadre des difficultés rencontrées lors de la modélisation/simulation d'une chaîne logistique classique, c'est-à-dire l'optimisation de la performance. Cette construction fait face, depuis quelques années déjà, en attestent les publications scientifiques (Hosseini et al., 2019 ; Ribeiro et Barbosa-Pavao, 2018), à des chocs systémiques imprévisibles, involontaires et diffus. Dans ces conditions, une précision supplémentaire, l'environnement des S.C ne peut être qu'incertain et fortement risqué. Que faire alors ?

Notre idée, soutenue tout au long de cette étude, démontre comment une méthodologie basée sur la simulation peut être utilisée pour examiner et prédire les impacts d'une perturbation majeure (pandémique) sur les performances des S.C. La concrétisation de cette idée, en réponse à la question posée, obéit à un protocole processuel. Ainsi, d'abord, il faut constituer des bases de données solides, fiables sur les épidémies ou les crises systémiques récurrentes de même nature. Les simulations fonctionnent correctement sur la base de statistiques disponibles à volonté (Anparasan et Lejeune, 2018). Ensuite, « exécuter » des modèles de simulation qui ont fait leur preuve dans le contexte étudié (des solutions commerciales peuvent exister), sinon, un appel est lancé aux modélisateurs/simulateurs pour qu'ils unissent leurs efforts dans le but de trouver des modèles de simulation dont les paramètres et variables ayant une prise sur la réalité des S.C en temps épidémiques. D'ailleurs, plusieurs auteurs soutiennent l'idée d'une méthodologie de modélisation unificatrice et holiste, associant les spécialistes en algorithmes des modélisations et les décideurs privés et publics (Currie et al., 2020 ; Wang et al., 2020 ; Haghani et al., 2020). En fait, les modèles de simulation concernant les S.C en période de Covid-19, retiennent dans leurs paramètres les questions relatives à l'horizon temporel de prédiction, la récupération des capacités de production ou de fonctionnement, l'étendue géographique de la S.C et le nombre d'intervenants dans la S.C (Ivanov, 2020). En outre, la formation d'un corpus d'études sur les S.C résilientes constituerait une palette de bonnes pratiques, surtout que le savoir-faire managérial inhérent aux perturbations pandémiques n'est qu'à ses débuts hésitants. Finalement, avoir toujours un plan de contingence, rapidement opérationnel, si une crise systémique revient sans s'annoncer. Par exemple, si un maillon de la S.C installé dans un pays qui vient de fermer ses

frontières, il faut réfléchir à son remplacement à l'avance. Dans cet esprit, une réglementation internationale pourrait garantir que la défaillance d'une S.C n'entraîne pas avec elle, en cascade, tout un réseau de S.C.

A propos de nos deux premières hypothèses (H1 et H2), l'étude de terrain menée par Wang et al. (2020) nous conforte dans nos conjectures. Effectivement, grâce aux simulations, les entreprises enquêtées ont pu, rapidement, adopter des innovations marketing qui les ont sorti des impacts négatifs de la Covid-19. Il est vrai que les managers chevronnés savent bien tirer un avantage d'une situation incertaine et risquée. La troisième hypothèse (H3), c'est plutôt un postulat, tacitement admis par les académiciens, car toute perturbation dans l'environnement crée une situation nouvelle et, par conséquent, augmente l'incertitude. La quatrième hypothèse (H4), les recherches de Currie et al. (2020), Golan et al. (2020) Haghani et al. (2020) et Degoun et al. (2015), vont dans le sens de notre raisonnement celui de l'existence des modèles de simulation bien adaptés pour des types de décisions bien identifiés.

Bien évidemment, nous sommes conscients des limites qui sous-tendent des études pareilles à la nôtre. En effet, les modélisateurs ont la responsabilité de souligner l'incertitude des résultats (outputs) issus des simulations. Cette incertitude augmente, en particulier, avec les modèles sophistiqués et peut conduire à une confiance déplacée (Currie et al., 2020). L'instabilité générée par la Covid-19, tant médicale qu'économique, nous empêche d'avoir des données fiables et testables économétriquement. Jusqu'à maintenant (à l'écriture de ces lignes), nous ne faisons que des supputations heuristiques (Xiao et al., 2020 ; Anparasan et Lejeune, 2018). En plus, la complexité et la variété des S.C mondiales les rendent faiblement saisissables et vulnérables, même en l'absence de perturbations.

8. Conclusion

La littérature académique commence à s'intéresser plus sérieusement aux crises systémiques, qu'elles soient d'origine humaine ou naturelle, et aux perturbations qui en résultent. Précisément, depuis quelques années l'intérêt scientifique pour la résilience des S.C en temps de crise, notamment épidémique, ne cesse de croître. Notre étude s'inscrit dans cette dynamique et contribue de la sorte aux connaissances scientifiques autour de notre problématique. Ainsi, dans ce contexte de S.C en pleine incertitude systémique, l'usage des méthodes de simulation et de modélisation peut permettre aux S.C impactées en cascade, de récupérer des effets négatifs de la crise (pandémique) et, même, de revenir sur le chemin de la performance, dont l'optimisation a été remplacée par la survie. Les modèles de simulation sont, donc, des outils d'aide à la décision rationnelle au profit des managers des S.C, ou, en général, des décideurs publics et privés, quand il s'agit de prédire dans

un environnement assujetti aux incertitudes. A ce sujet, nous recommandons aux praticiens de renforcer leurs compétences managériales par des formations ou acquisition de savoir-faire dans le domaine de gestion des crises systémiques de nature épidémique/pandémique, car la fréquence de leur récurrence est en constance augmentation, avec, en plus, les attributs d'imprévisibilité et de propagation.

En perspective, il serait fortement souhaitable de suivre plusieurs S.C, dans différents pays, souffrant de perturbations majeures, tout au long de la crise, pour en dégager des enseignements solides, plus résistants aux épreuves de la critique. Les exemples des filières automobile et médicale, de par leur envergure géographique et leur complexité, peuvent constituer des terrains d'études très édifiants.

Références

- (1) Anparasan, A. A., & Lejeune, M. A. (2018). Data laboratory for supply chain response models during epidemic outbreaks. *Annals of Operations Research*, 270(1-2), 53-64.
- (2) Bara, N., Gautier, F., & Giard, V. (2020). Modélisation d'une chaîne logistique hybride par la simulation à évènements discrets. *Logistique & Management*, 28(1), 72-87.
- (3) Berends, H., Jelinek, M., Reymen, I., & Stultiëns, R. (2014). Product innovation processes in small firms: Combining entrepreneurial effectuation and managerial causation. *Journal of Product Innovation Management*, 31(3), 616-635.
- (4) Bhattacharya, A., Geraghty, J., Young, P., & Byrne, P. J. (2013). Design of a resilient shock absorber for disrupted supply chain networks: a shock-dampening fortification framework for mitigating excursion events. *Production Planning & Control*, 24(8-9), 721-742.
- (5) Bode, C., & Macdonald, J. R. (2017). Stages of supply chain disruption response: Direct, constraining, and mediating factors for impact mitigation. *Decision Sciences*, 48(5), 836-874.
- (6) Borshchev, A., & Filippov, A. (2004, July). From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: reasons, techniques, tools. In *Proceedings of the 22nd international conference of the system dynamics society* (Vol. 22).
- (7) Brailsford, S., Churilov, L., & Dangerfield, B. (Eds.). (2014). *Discrete-event simulation and system dynamics for management decision making*. Chichester: Wiley.
- (8) Brailsford, S., Eldabi, T., Osorio, A., Kunc, M., & Mustafee, N. (2018). Hybrid simulation modelling in operational research: a state-of-the-art review. *European Journal of Operational Research*.

- (9) Brennan, A., Chick, S. E., & Davies, R. (2006). A taxonomy of model structures for economic evaluation of health technologies. *Health economics*, 15(12), 1295-1310.
- (10) Byrd, T. A., & Davidson, N. W. (2003). Examining possible antecedents of IT impact on the supply chain and its effect on firm performance. *Information & Management*, 41(2), 243-255.
- (11) Chapman, C., & Ward, S. (2000). Estimation and evaluation of uncertainty: a minimalist first pass approach. *International Journal of Project Management*, 18(6), 369-383.
- (12) Chen, I. J., & Paulraj, A. (2004). Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements. *Journal of operations management*, 22(2), 119-150.
- (13) Craighead, C. W., Ketchen Jr, D. J., & Darby, J. L. (2020). Pandemics and Supply Chain Management Research: Toward a Theoretical Toolbox. *Decision Sciences*.
- (14) Currie, C. S., Fowler, J. W., Kotiadis, K., Monks, T., Onggo, B. S., Robertson, D. A., & Tako, A. A. (2020). How simulation modelling can help reduce the impact of COVID-19. *Journal of Simulation*, 1-15.
- (15) Degoun, M., Féniès, P., Giard, V., Retmi, K., & Saadi, J. (2015). Propositions de règles de modélisation pour une simulation discrète d'une chaîne logistique hybride. *Congrès international du génie industriel (CIGI2015). Québec, Canada*.
- (16) Ferguson, N., Laydon, D., Nedjati Gilani, G., Imai, N., Ainslie, K., Baguelin, M., ... & Dighe, A. (2020). Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID19 mortality and healthcare demand.
- (17) Forrester Jay, W. (1961). *Industrial dynamics*. New York–London: Massachusetts Institute of Technology and Jon Wiley and Sons.
- (18) Galbraith, J. R. (1973). *Designing complex organizations*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc..
- (19) Golan, M. S., Jernegan, L. H., & Linkov, I. (2020). Trends and applications of resilience analytics in supply chain modeling: systematic literature review in the context of the COVID-19 pandemic. *Environment Systems & Decisions*, 1.
- (20) Haghani, M., Bliemer, M. C., Goerlandt, F., & Li, J. (2020). The scientific literature on Coronaviruses, COVID-19 and its associated safety-related research dimensions: A scientometric analysis and scoping review. *Safety Science*, 104806.
- (21) Hassanzadeh, S., Marmier, F., Gourc, D., & Bougaret, S. (2011, September). Integration of human factors in project uncertainty management, a decision support system based on fuzzy logic.

- (22) Hosseini, S., Ivanov, D., & Dolgui, A. (2019). Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 125, 285-307.
- (23) Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 136, 101922.
- (24) Ivanov, D. (2017). Simulation-based ripple effect modelling in the supply chain. *International Journal of Production Research*, 55(7), 2083-2101.
- (25) Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2904-2915.
- (26) Kahneman, D. (2003). Maps of bounded rationality: Psychology for behavioral economics. *American economic review*, 93(5), 1449-1475.
- (27) Kermack, W. O., & McKendrick, A. G. (1927). A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceedings of the royal society of london. Series A, Containing papers of a mathematical and physical character*, 115(772), 700-721.
- (28) Li, Y., & Zobel, C. W. (2020). Exploring supply chain network resilience in the presence of the ripple effect. *International Journal of Production Economics*, 107693.
- (29) Li, G., Li, L., Choi, T. M., & Sethi, S. P. (2019). Green supply chain management in Chinese firms: Innovative measures and the moderating role of quick response technology. *Journal of Operations Management*.
- (30) Liu, Y., Gayle, A. A., Wilder-Smith, A., & Rocklöv, J. (2020). The reproductive number of COVID-19 is higher compared to SARS coronavirus. *Journal of travel medicine*.
- (31) Manuj, I., & Mentzer, J. T. (2008). Global supply chain risk management strategies. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
- (32) Myers, S. C. (1977). Determinants of corporate borrowing. *Journal of financial economics*, 5(2), 147-175.
- (33) Nicola, M., Alsafi, Z., Sohrabi, C., Kerwan, A., Al-Jabir, A., Iosifidis, C., ... & Agha, R. (2020). The socio-economic implications of the coronavirus and COVID-19 pandemic: a review. *International Journal of Surgery*.

- (34) National Research Council. (2012). *Dam and levee safety and community resilience: a vision for future practice*. National Academies Press.
- (35) Ponomarov, S. Y., & Holcomb, M. C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The international journal of logistics management*.
- (36) Read, S., & Dolmans, S. A. M. (2012). Effectuation 10 year waypoint. *International review of entrepreneurship*, 10(1), 25-46.
- (37) Ribeiro, J. P., & Barbosa-Povoa, A. (2018). Supply Chain Resilience: Definitions and quantitative modelling approaches—A literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 115, 109-122.
- (38) Ruel, S. (2013). *Maîtrise des incertitudes de l'environnement de la chaîne logistique: une analyse au regard du décalage entre théorie et pratique* (Doctoral dissertation, Grenoble).
- (39) Sarasvathy, S. D. (2001). Causation and effectuation: Toward a theoretical shift from economic inevitability to entrepreneurial contingency. *Academy of management Review*, 26(2), 243-263.
- (40) Sarasvathy, S., & Dew, N. (2008). Effectuation and over-trust: Debating Goel and Karri. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 32(4), 727-737.
- (41) Sarrouy-Watkins, N., & Hernandez, É. M. (2015). L'incertitude entrepreneuriale et la théorie de l'effectuation: le cas Logiperf. *Gestion 2000*, 32(3), 67-90.
- (42) Sheffi, Y. (2015). *The power of resilience: How the best companies manage the unexpected*. mit Press.
- (43) Sieroń, A. (2020). Does the COVID-19 pandemic refute probability neglect?. *Journal of Risk Research*, 1-7.
- (44) Sunstein, C. R. (2020a). The Cognitive Bias That Makes Us Panic About Coronavirus. *url: <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2020-02-28/coronavirus-panic-caused-by-probability-neglect> (visited on 04/04/2020)(cit. on p. 15)*.
- (45) Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *science*, 185(4157), 1124-1131.
- (46) Tversky, A., & Kahneman, D. (1973). Availability: A heuristic for judging frequency and probability. *Cognitive psychology*, 5(2), 207-232.
- (47) Van Der Vorst, J. G., & Beulens, A. J. (2002). Identifying sources of uncertainty to generate supply chain redesign strategies. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
- (48) Wang, Y., Hong, A., Li, X., & Gao, J. (2020). Marketing innovations during a global crisis: A study of China firms' response to COVID-19. *Journal of Business Research*.

- (49) Weick, K. E. (1977). Organization design: Organizations as self-designing systems. *Organizational dynamics*, 6(2), 31-46.
- (50) Xiao, H., Gao, F., & Lee, L. H. (2020). Optimal computing budget allocation for complete ranking with input uncertainty. *IIE Transactions*, 52(5), 489-499.