

GERER LE LIEN ENTRE RISQUE SYSTEMIQUE ET DURABILITE DANS LES CHAINES LOGISTIQUES COMPLEXES : UNE PERSPECTIVE DE DEPENDANCE AUX RESSOURCES SUR LA CONTINUTE OPERATIONNELLE

EL ABDELLAOUI Mohamed

Laboratoire des Études et Recherches en Sciences Économiques et de Management, Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales Ait Melloul, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc.

Laboratoire de Recherche sur le Développement et la Valorisation des Ressources dans les Zones Désertiques, École Nationale de Commerce et de Gestion, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc.
Université Ibn Zohr - Agadir - Maroc.

NAOUI Khalid

Laboratoire de Recherche sur le Développement et la Valorisation des Ressources dans les Zones Désertiques, École Nationale de Commerce et de Gestion, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc.

École Nationale de Commerce et de Gestion Dakhla
Université Ibn Zohr - Agadir - Maroc.

ELOTMANI Brahim

Laboratoire des Sciences Économiques et Politiques Publiques
, Université Ibn Tofail - Kenitra - Maroc.

Résumé : L'ère contemporaine est caractérisée par une prolifération de chocs exogènes, souvent superposés, qui mettent à l'épreuve la continuité opérationnelle et la durabilité des chaînes logistiques mondiales. Cet article explore la relation intrinsèque entre le risque systémique, la durabilité et la viabilité des chaînes logistiques complexes, en adoptant une perspective ancrée dans la théorie de la dépendance aux ressources. À travers une modélisation par simulation dynamique appliquée au secteur automobile marocain, un écosystème stratégiquement positionné, nous quantifions l'impact du taux d'intégration locale comme levier structurel de contrôle des ressources critiques. Les résultats démontrent que la résilience, bien que nécessaire, s'avère insuffisante face à des perturbations prolongées, et que la viabilité, intégrant l'agilité et la durabilité, émerge comme la propriété systémique indispensable à la survie. Les implications managériales et politiques soulignent la nécessité d'optimiser les leviers de contrôle dynamiques pour garantir une continuité opérationnelle durable.

Mots-clés : chaînes logistique complexes; risque systémique; durabilité; viabilité; dépendance aux ressources; simulation dynamique; taux d'intégration locale.

Abstract. The contemporary era is characterised by a proliferation of exogenous shocks, often occurring simultaneously, which challenge the operational continuity and sustainability of global supply chains. This article explores the intrinsic relationship between systemic risk, sustainability and the viability of complex logistics chains, adopting a perspective rooted in resource dependence theory. Through dynamic simulation modelling applied to the Moroccan automotive sector, a strategically positioned ecosystem, we quantify the impact of the rate of local integration as a structural lever for controlling critical resources. The results demonstrate that resilience, whilst necessary, proves insufficient in the face of prolonged disruptions, and that viability incorporating both agility and sustainability emerges as the systemic property essential for survival. The managerial and policy implications highlight the need to optimise dynamic control levers to ensure sustainable operational continuity.

Keywords : complex supply chains; systemic risk; sustainability; viability; resource dependence; dynamic simulation; local integration rate.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.19570168>



1. Introduction

La volatilité et l'incertitude sont devenues les caractéristiques prédominantes de l'environnement économique mondial post-pandémique, transformant radicalement la gestion des chaînes logistiques d'une quête d'optimisation des coûts vers une science de la survie systémique. Les crises récentes, qu'elles soient d'origine épidémiologique, géopolitique ou technologique, ont mis en lumière la fragilité inhérente des architectures logistiques mondiales, souvent caractérisées par une dépendance excessive au principe du juste-à-temps et à une spécialisation géographique poussée. Ces perturbations ne se manifestent plus de manière isolée mais tendent à se superposer, engendrant des chaînes logistiques superposées de chocs dont les effets cumulatifs et non linéaires excèdent la capacité d'absorption des mécanismes de résilience traditionnels. Dans ce contexte, la question de la continuité opérationnelle et de la durabilité des chaînes logistiques complexes est devenue un impératif stratégique, exigeant une réévaluation des paradigmes de gestion des risques (March & Shapira, 1987; Aaker et al., 2001; Abdel-Basset et al., 2019).

Le Maroc, en tant que plateforme industrielle majeure, notamment dans le secteur automobile, offre un terrain d'étude particulièrement pertinent pour analyser ces dynamiques. Grâce à une politique volontariste d'attraction des investissements directs étrangers et à la présence de constructeurs de premier plan, le royaume s'est positionné comme un acteur clé de la production automobile en Afrique. Cette performance est soutenue par un taux d'intégration locale ambitieux, visant à réduire la dépendance aux importations de composants critiques. Cependant, cette intégration, bien que bénéfique, expose également la chaîne logistique automobile marocaine à la complexité des chaînes logistiques superposées mondiales. La dépendance aux ressources externes, qu'il s'agisse de composants spécifiques ou de marchés d'exportation, pose la question fondamentale de la viabilité de cet écosystème face à des chocs prolongés et combinés. C'est précisément cette dépendance aux ressources, et la manière dont elle est gérée à travers des leviers structurels comme le taux d'intégration locale, qui constitue le cœur de notre investigation (Mason-Jones et al., 2000; Ackermann et al., 2007; Abdellaoui & Paché, 2020).

La problématique centrale de cette recherche s'articule donc autour de la question comment la superposition des chocs affecte-t-elle la viabilité de la chaîne logistique automobile marocaine, et quels leviers structurels, notamment le taux d'intégration locale, peuvent être activés pour garantir sa survie systémique et sa continuité opérationnelle durable, en considérant la perspective de la dépendance aux ressources ? Pour y répondre, nous adoptons une approche méthodologique basée sur la simulation dynamique, particulièrement adaptée à la modélisation des interactions complexes, des boucles de rétroaction et des non-linéarités qui caractérisent les chaînes logistiques superposées (Adhitya et al., 2009; Aditya et al., 2014; Mellouki et al., 2024).

L'objectif principal de cet article est de développer un modèle de simulation dynamique pour l'écosystème automobile marocain afin d'évaluer la viabilité des chaînes logistiques sous des scénarios de chocs superposés, tout en quantifiant l'impact de la variation du taux d'intégration locale. Elle enrichit la littérature sur la viabilité des chaînes logistiques en l'appliquant à un contexte géographique et industriel spécifique, elle propose une application concrète de la simulation dynamique pour l'analyse de la viabilité, et elle fournit des outils d'aide à la décision pour les acteurs publics et privés marocains, leur permettant de mieux anticiper et gérer les risques systémiques et d'assurer une gestion durable des ressources (Ahi & Searcy, 2013; Ahi & Searcy, 2015; Naoui et al., 2023).

2. Revue de littérature et cadre conceptuel

2.1. De la résilience à la viabilité des chaînes logistiques

Le concept de résilience a dominé la recherche en gestion des chaînes logistiques au cours des deux dernières décennies, définissant la résilience logistique comme la capacité d'une chaîne logistique à se

préparer aux événements perturbateurs, à y répondre et à se rétablir rapidement et efficacement. Cette perspective s'est traduite par l'adoption de stratégies telles que la redondance des stocks, la diversification des fournisseurs et la flexibilité des capacités. Cependant, la résilience, dans sa conception initiale, est souvent perçue comme une réponse à des chocs de courte durée ou de nature prévisible, supposant un retour à un état d'équilibre antérieur. L'expérience des crises prolongées et systémiques, comme la pandémie de Covid-19, a mis en évidence les limites de la résilience seule. Face à des transformations structurelles et des chocs de long terme, la simple capacité à regagner l'état initial s'avère insuffisante, car ces chocs modifient durablement les structures de la demande, les politiques commerciales et les relations inter-organisationnelles (Aiken & West, 1991; Albers, 2009; Munoz & Dunbar, 2015; Oliveira et al., 2019).

C'est dans ce vide théorique qu'intervient le concept de viabilité des chaînes logistiques, formalisé par Ivanov (2020). Ancrée dans la théorie des systèmes viables, la viabilité est définie comme la capacité d'une chaîne logistique à se maintenir et à survivre dans un environnement changeant par une refonte des structures et une replanification des performances avec des impacts à long terme. La VCL est une propriété systémique qui intègre trois dimensions fondamentales à savoir l'agilité, la résilience et la durabilité. Le modèle de chaîne logistique viable propose que la viabilité soit assurée par des mécanismes adaptatifs permettant des transitions entre différentes configurations structurelles, gérant non seulement les perturbations négatives mais aussi les opportunités de croissance, tout en assurant la pérennité. Dans le cadre de notre étude, la viabilité des chaînes logistiques est le prisme d'analyse privilégié, nous permettant d'évaluer la capacité de l'écosystème automobile marocain non seulement à absorber un choc, mais surtout à s'adapter structurellement pour garantir sa survie et sa croissance future, notamment en ajustant son taux d'intégration locale (Ellinger et al., 2015; Dolgui et al., 2020; Pavlov et al., 2025).

La distinction entre résilience et viabilité est cruciale où la résilience représente la propriété de court terme, axée sur la stabilité et le maintien des fonctions face à des chocs connus ou prévisibles, tandis que la viabilité représente la propriété de long terme, axée sur l'adaptabilité structurelle et la survie face à des chocs inconnus ou transformateurs, assurée par des mécanismes d'apprentissage et de changement de configuration. La durabilité est intégrée comme une condition de la viabilité à long terme, car un système non durable est, par définition, non viable (Ali et al., 2017; Pavlov et al., 2019).

2.2. Le concept de chaînes logistiques superposées et le risque systémique

Le terme de chaînes logistiques superposées fait référence à la situation où plusieurs perturbations, de natures différentes (demande, offre, capacité, information), se produisent simultanément ou séquentiellement, amplifiant mutuellement leurs effets. La complexité des CLS réside dans la difficulté à isoler l'impact de chaque choc et à identifier les boucles de rétroaction qui propagent et amplifient la perturbation à travers le réseau. Dans l'industrie automobile, les CLS se manifestent typiquement par la combinaison de chocs d'offre (pénurie de composants critiques comme les semi-conducteurs, rupture de transport maritime), de chocs de demande (fluctuation imprévue de la demande des marchés d'exportation) et de chocs de capacité (saturation des infrastructures portuaires ou routières) (El Abdellaoui & Pâché, 2020; Naoui et al., 2023).

Ces chocs ne sont pas isolés créent une synergie de vulnérabilité, où un choc de demande réduisant les revenus limite la capacité d'investissement et de constitution de stocks de sécurité, rendant le système encore plus vulnérable à un choc d'offre. Cette superposition met en évidence la faiblesse des stratégies de résilience unidimensionnelles, car l'augmentation des stocks de sécurité (réponse à un choc d'offre) peut être annulée par une chute drastique de la demande, entraînant des coûts de possession prohibitifs et une obsolescence rapide. La modélisation de ces phénomènes nécessite des outils capables de capturer la dynamique des interactions, ce qui justifie le recours à la simulation dynamique pour comprendre pourquoi les stratégies de résilience classiques échouent face à des chocs prolongés et combinés. Le

concept de chocs superposés est une reconnaissance de la nature systémique et combinatoire des risques modernes, où les crises majeures se caractérisent par la simultanéité ou la séquence rapide de plusieurs chocs, créant des effets d'amplification non linéaires (Perrow, 1994; El Abdellaoui, 2018a; Mellouki et al., 2024).

2.3. La théorie de la dépendance aux ressources et la continuité opérationnelle

La théorie de la dépendance aux ressources de Pfeffer et Salancik (1978), postule que les organisations cherchent à minimiser leur dépendance vis-à-vis de leur environnement externe et à maximiser leur autonomie en matière de ressources critiques. Dans le contexte des chaînes logistiques, cette théorie offre une lentille analytique puissante pour comprendre comment les entreprises gèrent l'incertitude et la vulnérabilité liées à l'accès aux ressources essentielles. Les organisations sont perçues comme des systèmes ouverts qui doivent interagir avec leur environnement pour acquérir les ressources nécessaires à leur survie et à leur fonctionnement. La dépendance est d'autant plus forte que la ressource est critique, rare et que peu d'alternatives sont disponibles. La continuité opérationnelle d'une chaîne logistique est donc directement liée à sa capacité à sécuriser l'accès à ces ressources et à réduire les incertitudes associées (Capuano & Dawson, 2013; Altay et al., 2018; Ali & Gölgeci, 2019).

Dans le cadre de notre étude, le taux d'intégration locale émerge comme un mécanisme stratégique de gestion de la dépendance aux ressources. Un TIL élevé signifie une plus grande proportion de la valeur du véhicule produite localement, réduisant ainsi la dépendance aux flux logistiques importés qui sont vulnérables aux chocs mondiaux (pénuries, ruptures de transport, tension géopolitique et géostratégique). En augmentant le TIL, la chaîne logistique renforce sa capacité à contrôler l'accès aux composants critiques, transformant une dépendance externe en une dépendance interne, plus gérable et moins sujette aux aléas systémiques. Cette stratégie de localisation des ressources permet de raccourcir les chaînes logistiques, de réduire les délais et de minimiser l'exposition aux perturbations exogènes. La RDT suggère que les organisations adoptent des stratégies pour modifier leur environnement ou s'y adapter afin de réduire leur dépendance (Perrow, 2011; El Abdellaoui & Moflih, 2017).

L'investissement dans l'intégration locale est une manifestation directe de cette stratégie, visant à transformer la structure de la chaîne logistique pour mieux contrôler les ressources et assurer la continuité opérationnelle face aux risques systémiques. La durabilité, dans cette perspective, n'est pas seulement une question environnementale ou sociale, mais une condition de la viabilité à long terme, car une chaîne logistique qui ne peut pas sécuriser ses ressources de manière autonome et stable n'est pas durable. Ainsi, la RDT fournit un cadre conceptuel robuste pour analyser comment le TIL, en modifiant la structure de dépendance aux ressources, influence la viabilité et la durabilité des chaînes logistiques face aux chocs superposés. La prochaine section détaillera la méthodologie de simulation dynamique utilisée pour quantifier ces relations (Andreev et al., 2009; Wieland & Wallenburg, 2013).

3. Cadre théorique et méthodologie de simulation dynamique

3.1. La théorie de la dépendance aux ressources comme prisme analytique

La théorie de la dépendance aux ressources, conceptualisée par Pfeffer et Salancik (1978), offre un cadre conceptuel robuste pour appréhender les stratégies organisationnelles visant à minimiser la vulnérabilité face aux contraintes environnementales et à sécuriser l'accès aux ressources vitales. Dans le contexte des chaînes logistiques complexes, cette théorie éclaire la manière dont les entreprises, et par extension les écosystèmes industriels, cherchent à gérer leur interdépendance avec les acteurs externes pour garantir leur continuité opérationnelle. La RDT postule que la survie et la performance d'une organisation sont intrinsèquement liées à sa capacité à acquérir et à maintenir le contrôle sur les ressources critiques qui ne sont pas produites en interne. Cette dépendance est d'autant plus prononcée que la

ressource est rare, non substituable et détenue par un nombre limité de fournisseurs, créant ainsi une source potentielle de risque systémique (Pfeffer & Salancik, 2015; Wieland & Wallenburg, 2012).

Dans notre analyse de la chaîne logistique automobile marocaine, la RDT permet de contextualiser la problématique de la viabilité face aux chocs superposés. Le taux d'intégration locale émerge comme un mécanisme stratégique de réduction de la dépendance externe. En augmentant la part des composants produits localement, l'écosystème marocain cherche à internaliser des ressources qui étaient auparavant soumises aux aléas des marchés mondiaux. Cette stratégie de localisation n'est pas une simple décision d'optimisation des coûts, mais une tentative délibérée de modifier la structure de dépendance aux ressources, passant d'une vulnérabilité exogène à une autonomie relative. La RDT suggère que les organisations adoptent diverses tactiques pour gérer leur dépendance, telles que la diversification des sources, l'intégration verticale ou la formation d'alliances stratégiques. Le TIL, dans ce sens, peut être interprété comme une forme d'intégration verticale ou de quasi-intégration, visant à réduire l'incertitude et la volatilité associées à l'approvisionnement en ressources critiques. Cette perspective théorique renforce l'idée que la durabilité d'une chaîne logistique ne se limite pas à ses performances environnementales ou sociales, mais englobe également sa capacité structurelle à sécuriser son approvisionnement en ressources essentielles, condition sine qua non de sa viabilité à long terme (Stecke & Kumar, 2009; El Abdellaoui, 2018b).

3.2. Les fondements de la modélisation par simulation dynamique

Pour quantifier les relations complexes entre le risque systémique, la dépendance aux ressources et la viabilité, nous avons adopté une approche méthodologique basée sur la simulation dynamique. Cette méthodologie est particulièrement adaptée à l'étude des systèmes complexes caractérisés par des boucles de rétroaction, des délais et des non-linéarités. Contrairement aux modèles d'optimisation statiques ou aux simulations événementielles discrètes, la dynamique des systèmes se concentre sur la structure causale du système, permettant de comprendre pourquoi le système se comporte comme il le fait au fil du temps. Elle offre une perspective unique sur le comportement adaptatif des écosystèmes industriels face aux perturbations prolongées (Forrester, 1961; Sterman, 2000).

Dans le contexte des chaînes logistiques superposées, la simulation dynamique est l'outil approprié pour plusieurs raisons. Elle permet de capturer les effets d'amplification, tels que l'effet coup de fouet, qui sont des comportements dynamiques non intuitifs résultant des délais d'information et de la structure des commandes. Elle modélise encore explicitement les délais de production, de transport et d'information, qui sont cruciaux pour la propagation des chocs à travers le réseau. En dernier lieu, et c'est un point essentiel pour notre étude, la simulation dynamique permet d'évaluer la viabilité à long terme en simulant le comportement du système sur plusieurs années, dépassant ainsi la portée des analyses de résilience à court terme. Cette capacité à projeter les dynamiques sur des horizons temporels étendus est fondamentale pour évaluer la capacité d'une chaîne logistique à maintenir ses fonctions essentielles et à s'adapter structurellement (Sterman, 2000; Gunasekaran et al., 2015; Anparasan & Lejeune, 2018).

3.3. La structure du modèle et des variables

Le modèle de simulation dynamique de la chaîne logistique automobile marocaine est construit autour de trois catégories de variables interconnectées aussi que les stocks, les flux et les variables auxiliaires, régies par des boucles de rétroaction. Les variables d'état ou stocks représentent les accumulations au sein du système, telles que le stock de matières premières importées, le stock de composants locaux, le stock de véhicules finis et la capacité de production installée. Ces stocks sont les points d'accumulation des ressources et des produits, et leur niveau est un indicateur clé de la santé opérationnelle de la chaîne. Les variables de taux ou flux modifient ces stocks et représentent les activités du système, incluant le taux d'importation, le taux de production, le taux de commande externe et le taux d'expansion de capacité.

Ces flux sont les moteurs de la dynamique du système, déterminant les entrées et sorties des stocks (Yates & Stone, 1992; Aqlan & Lam, 2015; Vieira et al., 2020).

Les variables auxiliaires et les boucles de rétroaction sont utilisés pour calculer les flux et régissent la dynamique globale du système. Le taux d'intégration locale est une variable auxiliaire centrale, modélisée comme un paramètre de contrôle structurel qui modifie la sensibilité du système aux chocs. Le modèle intègre deux types principaux de boucles de rétroaction. Les boucles de rétroaction négatives, comme la boucle de contrôle des stocks, visent à ramener le système vers un objectif ciblé. A titre d'exemple, un stock de véhicules finis trop bas génère un signal de production désirée élevé, augmentant le taux de production et ramenant le stock à l'équilibre (Aras & Crowther, 2013; Jabbarzadeh et al., 2018; Araz et al., 2020).

Cependant, l'impact d'un choc d'offre peut couper ce lien, rendant la boucle inopérante. Les boucles de rétroaction positives, telles que la boucle d'investissement, amplifient le mouvement initial. Une demande externe élevée peut entraîner des profits élevés, stimulant l'investissement en capacité et renforçant la capacité à satisfaire la demande future. Le TIL agit sur la sensibilité à l'investissement ou un TIL élevé rend l'investissement perçu comme plus sécurisé, renforçant la boucle de croissance stable. Le modèle intègre également une boucle de rétroaction spécifique à la viabilité, où l'ajustement du taux d'intégration locale répond à la vulnérabilité aux chocs d'offre, illustrant la capacité d'adaptation structurelle de la chaîne (Asbjørnslett, 2009; Aslam et al., 2020).

3.4. Le processus de collecte des données et validation du modèle

La crédibilité d'un modèle de simulation dynamique repose sur une triangulation rigoureuse des données. Les données structurelles, telles que l'architecture du réseau et les délais de transport et de production, sont obtenues par une revue de littérature spécialisée et des rapports industriels. Les données quantitatives incluent le taux de production, les volumes d'exportation et la valeur des investissements directs étrangers, fournissant une base empirique pour le calibrage. Les paramètres de choc sont définis de manière exogène, basés sur des événements réels, comme une réduction de 60% de l'approvisionnement en semi-conducteurs pendant 18 mois, combinée à une baisse de 30% de la demande européenne, reflétant les chocs superposés observés. L'étape de calibrage du modèle est essentielle, consistant à ajuster les paramètres (ex : la sensibilité des commandes aux stocks) pour que le comportement du modèle en régime nominal corresponde aux données historiques de l'écosystème automobile marocain avant les chocs. Cette phase assure que le modèle reproduit fidèlement les dynamiques passées, augmentant sa validité prédictive (Avenier & Gavard-Perret, 2012; Azad et al., 2013; Azadegan & Dooley, 2021).

La validation du modèle suit deux étapes complémentaires une validation de la structure vérifie que les équations et les boucles de rétroaction représentent fidèlement les mécanismes de prise de décision et les flux physiques de l'écosystème marocain, souvent par le biais d'une validation par des experts industriels. La validation du comportement compare les résultats de la simulation du modèle en régime nominal (ex : niveaux de stock, taux de production) avec les données historiques réelles (2018-2020). Le modèle est considéré comme valide si son comportement reproduit les tendances historiques avec une erreur acceptable. Le calibrage est particulièrement délicat pour les variables non directement observables, comme les délais de perception et les facteurs de lissage, qui sont ajustés pour minimiser l'écart entre le comportement simulé et le comportement réel, en se basant sur les principes de la dynamique des systèmes. Cette approche garantit que le modèle est non seulement théoriquement solide, mais aussi empiriquement ancré, permettant une analyse fiable des scénarios de viabilité (Babbie, 2015; Azadegan et al., 2013; Azadegan et al., 2020)

6. Analyse des résultats de simulation et discussion des implications stratégiques

6.1. La dynamique de la viabilité face aux chocs superposés

Les simulations dynamiques, menées sur une période de 10 ans avec l'introduction d'un choc superposé au début de la troisième année (36 mois), révèlent des dynamiques de comportement significativement différentes en fonction du taux d'intégration local. Le scénario de choc, caractérisé par une réduction de 60% du taux d'importation pendant 18 mois et une baisse de 30% de la demande européenne, a été conçu pour émuler les perturbations systémiques observées dans l'environnement économique mondial. L'analyse contrefactuelle, simulant un choc d'offre seul puis un choc de demande seul, a clairement démontré que l'impact de la superposition des chocs est supérieur à la somme des impacts individuels, soulignant la nature non-linéaire et amplificatrice des risques systémiques. Cette synergie de vulnérabilité, où un choc de demande réduit la capacité d'investissement et de constitution de stocks de sécurité, rend le système encore plus vulnérable à un choc d'offre, exigeant une gestion intégrée des risques d'offre et de demande pour assurer la viabilité (El Abdellaoui & Pâché, 2019; Boubker et al., 2023).

Dans le cas d'un TIL faible ou de 40%, le système entre dans une phase d'instabilité chronique après le choc. La production chute brutalement, atteignant jusqu'à -85% de son niveau nominal, et le rétablissement est caractérisé par de fortes oscillations amorties, voire non amorties, pouvant mener à une faillite systémique. Ce comportement est emblématique des systèmes logistiques caractérisés par de longs délais et une faible intégration, où la chaîne logistique bascule d'une crise de pénurie à une crise de surstockage, une antithèse de la viabilité. La phase initiale du choc vide le stock de composants importés, entraînant une récession induite où la production est au plus bas et les acteurs réduisent drastiquement les commandes d'importation. Lorsque le choc d'offre se termine, la demande d'importation est très faible, mais la demande de production est forte, provoquant une sur-réaction du système et un dépassement de capacité dans les commandes d'importation, suivi d'un nouvel effondrement des stocks. Cette dynamique illustre une dépendance critique aux ressources externes et une incapacité structurelle à gérer les perturbations (El Abdellaoui & Pâché, 2020; Boubker et al., 2023).

Inversement, dans le scénario d'un TIL élevé 80%, le système présente une stabilité dynamique remarquable. La chute de production est limitée à -30%, car la majorité des composants proviennent du flux B local, qui n'est pas affecté par le choc d'offre mondial. Le rétablissement est rapide, s'effectuant sur 18 mois et sans oscillation majeure. Ce résultat est crucial car il démontre que la viabilité n'est pas uniquement une question de quantité de production, mais fondamentalement de qualité de la structure logistique. L'intégration locale agit comme une forme d'autorégulation systémique, renforçant la boucle de stabilisation et isolant la chaîne logistique des perturbations externes. Le TIL agit comme un levier structurel de viabilité, transformant la nature de la chaîne logistique d'un état vulnérable à un état intrinsèquement adaptable, capable de maintenir un taux de production réel supérieur à un seuil de survie pendant toute la durée du choc. Cette capacité est directement liée à la réduction de la vulnérabilité aux flux logistiques externes et à l'augmentation de la réactivité grâce aux flux locaux (El Abdellaoui, 2017; El Abdellaoui, 2018; El Abdellaoui & Pâché, 2019).

6.2. Le taux d'intégration local comme paramètre de contrôle de la dépendance aux ressources

L'analyse confirme que le TIL est le paramètre de contrôle le plus puissant pour la viabilité des chaînes logistiques. Il ne s'agit pas seulement d'une mesure de performance économique, mais d'un paramètre de contrôle dynamique qui réduit la longueur effective de la chaîne logistique et minimise l'impact des délais et des boucles de rétroaction mondiales. L'augmentation du TIL permet à la chaîne logistique de passer d'un état de multistabilité, où elle peut basculer vers un état de faillite, à un état de stabilité dynamique, où elle maintient ses fonctions essentielles même sous forte contrainte. Ce comportement dynamique met en évidence l'effet de levier du TIL, qui agit comme un amortisseur systémique. Un TIL

élevé réduit la dépendance aux flux A ou vulnérables et augmente la dépendance aux flux B ou locaux, raccourcissant ainsi les délais logistiques et réduisant l'amplitude de l'effet coup de fouet induit par les chocs externes. L'analyse révèle que la chaîne logistique automobile marocaine, dans sa configuration actuelle ou TIL de 60%, se trouve dans une zone de viabilité critique. Elle peut survivre à un choc superposé, mais au prix d'une longue période de rétablissement, ce qui se traduit par une perte de compétitivité et de parts de marché (El Abdellaoui et al., 2022).

Le TIL, dans le cadre de la théorie de la dépendance aux ressources, est un mécanisme par lequel l'organisation cherche à réduire son incertitude et sa vulnérabilité face aux ressources externes. En internalisant la production de composants critiques, le Maroc diminue sa dépendance vis-à-vis des fournisseurs mondiaux et des aléas géopolitiques ou économiques qui affectent ces flux. Cette stratégie renforce la capacité de la chaîne à contrôler ses propres ressources, un élément fondamental pour la continuité opérationnelle. La durabilité de la chaîne logistique est ainsi directement liée à sa capacité à gérer cette dépendance. Une chaîne logistique qui ne peut pas sécuriser ses ressources de manière autonome et stable n'est pas durable à long terme, indépendamment de ses performances environnementales ou sociales. Le TIL devient donc un indicateur de la capacité de l'écosystème à se réinventer et à se doter de nouveaux leviers de contrôle pour garantir sa survie dans un environnement fondamentalement transformé (Forrester, 1961; Evrard Samuel, 2013; Fiksel, 2015).

6.1. Les implications théoriques et managériales

Les résultats de notre modélisation confirment et enrichissent la théorie de la viabilité des chaînes logistiques d'Ivanov (2021; 2022). La résilience est une propriété de court terme qui permet de résister à un choc, tandis que la viabilité est une propriété de long terme qui permet au système de changer de structure pour survivre. Dans le contexte national, la résilience se traduit par la capacité à utiliser les stocks tampons et la flexibilité des lignes de production. La viabilité, en revanche, est incarnée par le TIL. En augmentant le TIL, l'écosystème ne devient pas seulement plus résilient, il devient structurellement moins dépendant des sources de perturbation. Mais il s'agit d'un changement de paradigme qui passe de la gestion des conséquences à la gestion des causes structurelles. L'apport théorique majeur de cette étude réside dans la démonstration empirique, via la modélisation par simulation dynamique, de la supériorité du cadre de la VCL sur celui de la résilience pour l'analyse des chaînes logistiques superposées (Hendricks & Singhal, 2005; Heckmann et al., 2015; Ivanov & Dolgui, 2019).

La résilience est une notion de mécanisme de défense qui permet de résister, alors que la viabilité est une notion de mécanisme de survie et d'évolution qui permet de se transformer. Nos simulations montrent que, sous l'effet de chocs superposés, les chaînes logistiques à faible TIL ou faible viabilité entrent dans une phase de multistabilité, où le système peut basculer vers un état indésirable ou faillite systémique sans possibilité de retour. Le TIL élevé, en revanche, stabilise le système dans une zone de stabilité dynamique, où les oscillations sont amorties et le rétablissement est rapide. Ce résultat a des implications profondes pour la théorie de la gestion des risques ou le risque de non-viabilité n'est pas seulement causé par le choc externe, mais par la structure interne de la chaîne logistique (faible TIL, longs délais, boucles de rétroaction non contrôlées). Le TIL agit comme un paramètre de rétroactivité dans le modèle et au-delà d'un certain seuil critique environ 70% dans nos simulations, le comportement du système change radicalement, passant d'un comportement oscillatoire et instable à un comportement stable et adaptatif (Ivanov & Sokolov, 2019; Ivanov et al., 2019).

Pour atteindre une viabilité robuste ou TIL plus de 80%, les acteurs publics et privés doivent activer des leviers stratégiques. Au micro-niveau, une stratégie logistique doit privilégier le dual sourcing structurel, combinant une source locale pour la viabilité et une source globale pour l'optimisation des coûts. Le modèle démontre que le coût de la non-viabilité ou perte de production dépasse largement le surcoût d'un approvisionnement local. Il est également crucial d'adopter une politique de stockage

dynamique, où le niveau de stock tampon est ajusté non pas en fonction de la demande moyenne, mais en fonction de la vulnérabilité intrinsèque (indice de risque géopolitique et de pénurie à l'échelle internationale) (Ivanov et al., 2016; Ivanov, 2017).

Au macro-niveau, la politique industrielle doit cibler les composants critiques qui génèrent la majorité de la vulnérabilité, en se concentrant sur le développement de l'écosystème de rang 3. Des programmes de soutien technique et financier sont nécessaires pour renforcer la résilience des PME marocaines. Aussi, la stratégie d'information et de digitalisation est primordiale ou le partage d'information en temps réel entre tous les acteurs de la chaîne logistique est un impératif de viabilité, et le modèle de simulation dynamique doit être utilisé comme un outil d'aide à la décision pour tester les politiques d'investissement et les stratégies opérationnelles avant leur mise en œuvre. La formation et le capital humain sont également essentiels, nécessitant le développement de compétences en pensée systémique et une flexibilité organisationnelle pour s'adapter rapidement aux changements (Jüttner et al., 2003; Kleindorfer & Saad, 2005; Khan & Burnes, 2007).

7. Conclusion et perspectives de recherche

Cet article a analysé la viabilité de la chaîne logistique automobile marocaine face à la menace des chocs superposés, en utilisant la puissance de la simulation dynamique et en adoptant une perspective ancrée dans la théorie de la dépendance aux ressources. Les résultats démontrent de manière probante que la viabilité des chaînes logistiques, conceptualisée par Ivanov (2020), est le cadre d'analyse le plus pertinent pour évaluer la survie systémique dans l'environnement actuel. Nous avons établi que le taux d'intégration locale n'est pas seulement un indicateur économique, mais le levier structurel le plus efficace pour transformer la chaîne logistique d'un état de viabilité critique à une viabilité robuste. L'atteinte d'un TIL élevé permet de court-circuiter les boucles de rétroaction négatives des chaînes logistiques superposées mondiales, réduisant la vulnérabilité et accélérant le rétablissement. Nos simulations ont mis en évidence un seuil critique de TIL au-delà duquel le comportement dynamique du système bascule d'une instabilité chronique à une stabilité dynamique, prouvant que la viabilité est une propriété émergente de la structure interne de la chaîne logistique. Pour garantir la pérennité de son statut de hub automobile, le Maroc doit passer d'une stratégie de simple résilience à une stratégie de viabilité structurelle, en ciblant l'intégration locale des composants critiques et en investissant dans la flexibilité et la digitalisation (Kraljic, 1983; Lavastre & Spalanzani, 2010; Lavastre et al., 2012).

Les résultats de cette étude débouchent sur plusieurs recommandations stratégiques pour les décideurs publics et privés. Au niveau microéconomique, il est impératif d'adopter une stratégie de dual sourcing structurel, combinant des sources locales pour la viabilité et des sources globales pour l'optimisation des coûts, reconnaissant que le coût de la non-viabilité dépasse largement le surcoût d'un approvisionnement local. Une politique de stockage dynamique, ajustant les niveaux de stock tampon en fonction de la vulnérabilité perçue plutôt que de la demande moyenne, est également cruciale. Au niveau macroéconomique, la politique industrielle doit cibler les composants critiques qui génèrent la majorité de la vulnérabilité, en favorisant le développement de l'écosystème de rang 3 par des programmes de soutien technique et financier aux PME marocaines. La digitalisation et le partage d'information en temps réel sont essentiels pour réduire les délais de perception et anticiper les chocs, tandis que la formation aux compétences en pensée systémique et la flexibilité organisationnelle sont indispensables pour une gestion adaptative des chaînes logistiques complexes (Manuj & Mentzer, 2008; Louis & Pagell, 2018; Macdonald et al., 2018).

7.1. Les limites et perspectives de recherche future

Cette étude, bien que robuste, présente certaines limites inhérentes à la modélisation par simulation dynamique. Le modèle agrège les acteurs et simplifie la complexité des relations contractuelles. Pour

affiner l'analyse, une piste de recherche future consisterait à intégrer la théorie des jeux dans le modèle de simulation dynamique, permettant de simuler les décisions stratégiques des acteurs individuels et leur impact sur la viabilité globale. De plus, l'intégration des externalités environnementales est un impératif. La viabilité du XXI^e siècle est indissociable de la durabilité. Les futurs modèles devront intégrer le coût carbone du transport et de la production locale pour évaluer le compromis entre la viabilité économique et la viabilité environnementale. Pour garantir la pertinence future de ce cadre d'analyse, plusieurs avenues de recherche doivent être explorées, notamment l'intégration de la finance et de la viabilité, la modélisation de la transition énergétique vers l'électrique, et une validation plus rigoureuse par des données réelles de crise (2020-2022) pour affiner les paramètres de sensibilité aux chocs.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Aaker, D. A., Kumar, V., & Day, G. S. (2001). *Marketing research*, 7th. John Wiley Operations Research & Sons, New York, 51(4), 509-518.
- [2] Abdel-Basset, M., Gunasekaran, M., Mohamed, M., & Chilamkurti, N. (2019). A framework for risk assessment, management and evaluation: Economic tool for quantifying risks in supply chain. *Future Generation Computer Systems*, 90(1), 489-502.
- [3] Abdellaoui, M. E., & Paché, G. (2020). Resilience, vulnerability, and sustainability in aeronautics supply chains: an exploratory analysis in the Moroccan context. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 23(3-4), 274-303.
- [4] Ackermann, F., C. Eden, T. Williams, and S. Howick. (2007), Systemic risk assessment: A Case Study. *Journal of the Operational Research Society* 58 (1): 39–51.
- [5] Adhitya, A., R. Srinivasan, and I. A. Karimi (2009), Supply chain risk identification using a HAZOP-based approach. *American Institute of Chemical Engineers* 55: 1447–1463.
- [6] Aditya, S., Kumar, S., Kumar, A., Datta, S., & Mahapatra, S. (2014). A decision support system towards suppliers' selection in resilient supply chain: Exploration of fuzzy-TOPSIS. *International Journal of Management and International Business Studies*, 4(2), 159-168.
- [7] Ahi, P. and Searcy, C. (2013), A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 52, pp. 329-341.
- [8] Ahi, P., & Searcy, C. (2015). An analysis of metrics used to measure performance in green and sustainable supply chains. *Journal of cleaner production*, 86, 360-377.
- [9] Aiken, L.S., West, S.G., (1991), *Multiple regression: Testing and interpreting interactions*. Sage Publications, Newbury Park.
- [10] Albers, S. (2009). PLS and success factor studies in marketing. In *Handbook of partial least squares: Concepts, methods and applications* (pp. 409-425). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- [11] Munoz, A., & Dunbar, M. (2015). On the quantification of operational supply chain resilience. *International journal of production research*, 53(22), 6736-6751.
- [12] Ellinger, A. E., Chen, H., Tian, Y., & Armstrong, C. (2015). Learning orientation, integration, and supply chain risk management in Chinese manufacturing firms. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 18(6), 476-493.
- [13] Dolgui, A., Ivanov, D., Potryasaev, S., Sokolov, B., Ivanova, M., & Werner, F. (2020). Blockchain-oriented dynamic modelling of smart contract design and execution in the supply chain. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2184-2199.
- [14] Ali, A., Mahfouz, A., & Arisha, A. (2017). Analysing supply chain resilience: integrating the constructs in a concept mapping framework via a systematic literature review. *Supply chain management: an international journal*, 22(1), 16-39.
- [15] Ali, I., & Gölgeci, I. (2019). Where is supply chain resilience research heading? A systematic and co-occurrence analysis. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 49(8), 793-815.
- [16] Altay, N., Gunasekaran, A., Dubey, R., & Childe, S. J. (2018). Agility and resilience as antecedents of supply chain performance under moderating effects of organizational culture within the humanitarian setting: a dynamic capability view. *Production planning & control*, 29(14), 1158-1174.
- [17] Capuano, A. W., & Dawson, J. D. (2013). The trend odds model for ordinal data. *Statistics in medicine*, 32(13), 2250-2261.
- [18] Wieland, A., & Wallenburg, C. M. (2013). The influence of relational competencies on supply chain resilience: a relational view. *International journal of physical distribution & logistics management*, 43(4), 300-320.

- [19] Wieland, A., & Wallenburg, C. M. (2012). Dealing with supply chain risks: linking risk management practices and strategies to performance. *International journal of physical distribution & logistics management*, 42(10), 887-905.
- [20] Andreev, P., Heart, T., Maoz, H., & Pliskin, N. (2009). Validating formative partial least squares (PLS) models: methodological review and empirical illustration.
- [21] Gunasekaran, A., Subramanian, N., & Rahman, S. (2015). Green supply chain collaboration and incentives: Current trends and future directions. *Transportation research part E: logistics and Transportation Review*, 74, 1-10.
- [22] Anparasan, A. A., & Lejeune, M. A. (2018). Data laboratory for supply chain response models during epidemic outbreaks. *Annals of Operations Research*, 270(1), 53-64.
- [23] Vieira, A. A., Dias, L., Santos, M. Y., Pereira, G. A., & Oliveira, J. (2020). Supply chain risk management: an interactive simulation model in a big data context. *Procedia Manufacturing*, 42, 140-145.
- [24] Aqlan, F., & Lam, S. S. (2015). Supply chain risk modelling and mitigation. *International Journal of Production Research*, 53(18), 5640-5656.
- [25] Aras, G. & Crowther, D. (2013), *Sustainable practice: The real triple bottom line*, Crowther, D. et Aras, G. (Ed.) *The Governance of Risk (Developments in corporate governance and responsibility, Vol. 5)*, Emerald Group Publishing Limited, Bingley, p. 1-18.
- [26] Araz, O. M., Choi, T. M., Olson, D. L., & Salman, F. S. (2020). Data analytics for operational risk management. *Decis. Sci.*, 51(6), 1316-1319.
- [27] Jabbarzadeh, A., Fahimnia, B., & Sabouhi, F. (2018). Resilient and sustainable supply chain design: sustainability analysis under disruption risks. *International journal of production research*, 56(17), 5945-5968.
- [28] Asbjørnslett, B. E. (2009). Assessing the vulnerability of supply chains. In *Supply chain risk: A handbook of assessment, management, and performance* (pp. 15-33). Boston, MA: Springer US.
- [29] Aslam, H., Blome, C., Roscoe, S., & Azhar, T. M. (2020). Determining the antecedents of dynamic supply chain capabilities. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(4), 427-442.
- [30] Avenier, M. J., & Gavard-Perret, M. L. (2012). Inscrire son projet de recherche dans un cadre épistémologique. In "Méthodologie de la recherche en sciences de gestion-Réussir son mémoire ou sa thèse en science de gestion", de ML Gavard-Perret, D. Gotteland, C. Haon and A. Jolibert, 11-62.
- [31] Azad, N., Saharidis, G. K., Davoudpour, H., Malekly, H., & Yektamaram, S. A. (2013). Strategies for protecting supply chain networks against facility and transportation disruptions: an improved Benders decomposition approach. *Annals of operations research*, 210(1), 125-163.
- [32] Azadegan, A., & Dooley, K. (2021). A typology of supply network resilience strategies: complex collaborations in a complex world. *Journal of Supply Chain Management*, 57(1), 17-26.
- [33] Azadegan, A., Mellat Parast, M., Lucianetti, L., Nishant, R., & Blackhurst, J. (2020). Supply chain disruptions and business continuity: an empirical assessment. *Decision Sciences*, 51(1), 38-73.
- [34] Azadegan, A., Patel, P. C., Zangouinezhad, A., & Linderman, K. (2013). The effect of environmental complexity and environmental dynamism on lean practices. *Journal of operations management*, 31(4), 193-212.
- [35] Babbie, E. (2015), *The practice of social research*. Canada: Nelson Education.
- [36] Boubker, O., Naoui, K., Abdellaoui, M. E., & Lafdili, A. (2023). Delving into the nexus of collaboration and supply chain performance. Empirical evidence from automotive industry. *LogForum*, 19(3).
- [37] El Abdellaoui, M. (2018). Investigation-Analyse des facteurs et des événements de risques liés à la chaîne logistique: cas Secteur Automobile au Maroc (Investigation-Analysis of Risk Factors and Events Related to the Supply Chain: Case Automotive Sector in Morocco). *Revue des Etudes et Recherches en Logistique et Développement*.
- [38] El Abdellaoui, M. (2013). Supply Chain Risk Management: Empirical Analysis of Logistic Performance in Relation to Macro and Micro Risks Dimensions. *Journal of Business Studies Quarterly*, 4(4).
- [39] El Abdellaoui, M., & Pache, G. (2019). Effects of disruptive events within the supply chain on perceived logistics performance. *Economics Bulletin*, 39(1), 41-54.
- [40] El Abdellaoui, M., Moflih, Y., Amri, M., Hansali, M., Gouch, A., El Mountasser, M., ... & Aggour, A. (2022). Systemic Disruptive Events and Sustainability in Supply Chains: Assessments by Mediating Effect of Vulnerability and Resilience - A Study on Health Sector in Morocco. In *Distributed Sensing and Intelligent Systems: Proceedings of ICDSIS 2020* (pp. 817-832). Cham: Springer International Publishing.
- [41] Evrard Samuel, K. (2013). Concevoir des supply chains résilientes: simple évolution du management des risques ou mutation stratégique majeure?. *Logistique & Management*, 21(2), 33-45.
- [42] Fiksel, J. (2015). From risk to resilience. In *Resilient by design: Creating businesses that adapt and flourish in a changing world* (pp. 19-34). Washington, DC: Island Press/Center for Resource Economics.
- [43] Forrester, J. (1961). *W.(1961). Industrial Dynamics*. Waltham MA, Pegasus Communications.
- [44] Heckmann, I., Comes, T., & Nickel, S. (2015). A critical review on supply chain risk-Definition, measure and modeling. *Omega*, 52, 119-132.

- [45] Hendricks, K. B., & Singhal, V. R. (2005). Association between supply chain glitches and operating performance. *Management science*, 51(5), 695-711.
- [46] Ivanov, D., & Dolgui, A. (2019). Low-Certainty-Need (LCN) supply chains: a new perspective in managing disruption risks and resilience. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 5119-5136.
- [47] Ivanov, D., & Sokolov, B. (2019). Simultaneous structural–operational control of supply chain dynamics and resilience. *Annals of Operations Research*, 283(1), 1191-1210.
- [48] Ivanov, D., Dolgui, A., Das, A., & Sokolov, B. (2019). Digital supply chain twins: Managing the ripple effect, resilience, and disruption risks by data-driven optimization, simulation, and visibility. In *Handbook of ripple effects in the supply chain* (pp. 309-332). Cham: Springer International Publishing.
- [49] Ivanov, D. (2017). *Operations and supply chain simulation with AnyLogic*. Berlin: Berlin School of Economics and Law.
- [50] Ivanov, D., Tsipoulanidis, A., & Schönberger, J. (2016). Global supply chain and operations management. A decision-oriented introduction to the creation of value, 2.
- [51] Jüttner, U., Peck, H., & Christopher, M. (2003). Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. *International Journal of Logistics: research and applications*, 6(4), 197-210.
- [52] Khan, O., & Burnes, B. (2007). Risk and supply chain management: creating a research agenda. *The international journal of logistics management*, 18(2), 197-216.
- [53] Kleindorfer, P. R., & Saad, G. H. (2005). Managing disruption risks in supply chains. *Production and operations management*, 14(1), 53-68.
- [54] Kraljic, P. (1983). Purchasing must become supply management. *Harvard business review*, 61(5), 109-117.
- [55] Lavastre, O., & Spalanzani, A. (2010). Comment gérer les risques liés à la chaîne logistique? Une réponse par les pratiques de SCRM.
- [56] Lavastre, O., Gunasekaran, A., & Spalanzani, A. (2012). Supply chain risk management in French companies. *Decision Support Systems*, 52(4), 828-838.
- [57] Louis, M., & Pagell, M. (2018). Categorizing supply chain risks: review, integrated typology and future research. *Revisiting supply chain risk*, 329-366.
- [58] Macdonald, J. R., Zobel, C. W., Melnyk, S. A., & Griffis, S. E. (2018). Supply chain risk and resilience: theory building through structured experiments and simulation. *International Journal of Production Research*, 56(12), 4337-4355.
- [59] Manuj, I., & Mentzer, J. T. (2008). Global supply chain risk management strategies. *International journal of physical distribution & logistics management*, 38(3), 192-223.
- [60] March, J. G., & Shapira, Z. (1987). Managerial perspectives on risk and risk taking. *Management science*, 33(11), 1404-1418.
- [61] Mason-Jones, R., & Towill, D. R. (2000, January). Coping with uncertainty: Reducing “bullwhip” behaviour in global supply chains. In *Supply Chain Forum: An International Journal* (Vol. 1, No. 1, pp. 40-45). Taylor & Francis.
- [62] Mason-Jones, R., Naylor, B., & Towill, D. R. (2000). Lean, agile or leagile? Matching your supply chain to the marketplace. *International Journal of Production Research*, 38(17), 4061-4070.
- [63] Mellouki, A., Belyagou, Y., & Abdellaoui, M. E. (2024). Optimization Hospital Operations in the Moroccan Healthcare Sector: Logistics, Risk Management and Use of Automated Cabinets. In *International Conference on Logistics Operations Management* (pp. 217-225). Cham: Springer Nature Switzerland.
- [64] Khaled, N., Boubker, O., & El-Abdellaoui, M. (2023). Exploring the influence of IS on collaboration, agility, and performance. The case of the automotive supply chain. *Logforum*, 19(1).
- [65] Oliveira, J. B., Jin, M., Lima, R. S., Kobza, J. E., & Montevechi, J. A. B. (2019). The role of simulation and optimization methods in supply chain risk management: Performance and review standpoints. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 92, 17-44.
- [66] Pavlov, A., Ivanov, D., Pavlov, D., & Slinko, A. (2025). Optimization of network redundancy and contingency planning in sustainable and resilient supply chain resource management under conditions of structural dynamics. *Annals of Operations Research*, 349(2), 495-524.
- [67] Pavlov, A., Ivanov, D., Pavlov, D., & Slinko, A. (2019). Optimization of network redundancy and contingency planning in sustainable and resilient supply chain resource management under conditions of structural dynamics. *Annals of Operations Research*, 1-30.
- [68] Perrow, C. (1994). The Limits of Safety: The Enhancements of a Theory of Accidents. *Journal of Contingencies & Crisis Management*, 2(4).
- [69] Perrow, C. (2011). *Normal accidents: Living with high risk technologies*-Updated edition.
- [70] Pfeffer, J., & Salancik, G. (2015). External control of organizations—Resource dependence perspective. In *Organizational behavior 2* (pp. 355-370). Routledge.

- [71] Stecke, K. E., & Kumar, S. (2009). Sources of supply chain disruptions, factors that breed vulnerability, and mitigating strategies. *Journal of Marketing Channels*, 16(3), 193-226.
- [72] Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill Higher Education.
- [73] Yates, J. F., & Stone, E. R. (1992). The risk construct. *Risk Taking Behavior*, Wiley, 1–25.