

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

**ELOTMANI Brahim**

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

**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.

---

**Résumé :** Les chocs exogènes se multiplient et se superposent, mettant sous pression la continuité et la durabilité des chaînes logistiques mondiales. Cet article examine la relation entre risque systémique, durabilité et viabilité des chaînes logistiques complexes, dans le cadre de la théorie de la dépendance aux ressources. Par une simulation dynamique appliquée au secteur automobile marocain, nous mesurons l'impact du taux d'intégration locale comme levier de contrôle des ressources critiques. Les résultats indiquent que la résilience, bien que nécessaire, ne suffit pas face à des perturbations prolongées la viabilité, intégrant agilité et durabilité, est la propriété qui conditionne la survie à long terme du système. Ces résultats orientent les décisions managériales et politiques vers l'optimisation des leviers de contrôle dynamiques pour garantir une continuité opérationnelle durable.

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

**Abstract:** Exogenous shocks are becoming increasingly frequent and overlapping, putting pressure on the continuity and sustainability of global supply chains. This article examines the relationship between systemic risk, sustainability and the viability of complex supply chains, within the framework of resource dependence theory. Using a dynamic simulation applied to the Moroccan automotive sector, we measure the impact of the local integration rate as a lever for controlling critical resources. The results indicate that resilience, whilst necessary, is not sufficient in the face of prolonged disruptions; viability combining agility and sustainability is the property that determines the system's long-term survival. These findings guide managerial and policy decisions towards optimising 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 dominent l'environnement économique mondial depuis la pandémie, déplaçant la gestion des chaînes logistiques de l'optimisation des coûts vers la question de la survie opérationnelle. Les crises récentes épidémiologiques, géopolitiques, technologiques ont mis en évidence la fragilité des architectures logistiques mondiales, largement fondées sur le juste-à-temps et une spécialisation géographique concentrée. Ces perturbations ne surviennent plus de manière isolée se superposent, et leurs effets cumulatifs excèdent la capacité d'absorption des mécanismes de résilience traditionnels. La continuité opérationnelle et la durabilité des chaînes logistiques complexes constituent dans ce contexte un enjeu stratégique majeur, qui justifie une réévaluation des cadres de gestion des risques (March & Shapira, 1987; Aaker et al., 2001; Abdel-Basset et al., 2019).

Notre pays occupe aujourd'hui une position établie dans la production automobile africaine, résultat d'une politique soutenue d'attraction des investissements étrangers et de l'implantation de constructeurs majeurs. Cette trajectoire s'est accompagnée d'un objectif d'intégration locale progressif, visant à réduire la dépendance aux composants importés. Cette intégration ne contrôle pas la vulnérabilité plutôt déplace la chaîne logistique marocaine vers une exposition aux interdépendances des réseaux mondiaux. La dépendance aux ressources externes composants spécifiques, marchés d'exportation pose alors la question de la viabilité de cet écosystème face à des chocs prolongés et combinés. C'est ce rapport à la dépendance aux ressources, et la manière dont le taux d'intégration locale le structure, qui constitue le cœur de cette investigation (Mason-Jones et al., 2000; Ackermann et al., 2007; Abdellaoui & Paché, 2020).

Cette recherche examine comment la superposition des chocs affecte la viabilité de la chaîne logistique automobile marocaine, et dans quelle mesure le taux d'intégration locale constitue un levier structurel de contrôle des ressources critiques deux questions traitées dans le cadre de la théorie de la dépendance aux ressources. La simulation dynamique est retenue comme approche méthodologique permet de modéliser les interactions complexes, les boucles de rétroaction et les non-linéarités qui caractérisent les systèmes logistiques soumis à des perturbations simultanées (Adhitya et al., 2009; Aditya et al., 2014; Mellouki et al., 2024).

Cet article développe un modèle de simulation dynamique pour l'écosystème automobile marocain, destiné à évaluer la viabilité des chaînes logistiques sous des scénarios de chocs superposés et à quantifier l'impact du taux d'intégration locale. Sur le plan académique, il applique le cadre de la viabilité à un terrain géographique et industriel peu étudié sous cet angle. Sur le plan opérationnel, il fournit aux acteurs publics et privés marocains des outils concrets pour anticiper les risques systémiques et orienter la gestion des ressources critiques (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

La résilience domine la recherche en gestion des chaînes logistiques depuis deux décennies. Elle y désigne la capacité à anticiper les perturbations, à y répondre et à s'en remettre une définition qui a orienté les pratiques vers la redondance des stocks, la diversification des fournisseurs et la flexibilité des capacités. Cette conception repose sur une hypothèse implicite : le choc est temporaire, et le système peut retrouver son état antérieur. Les crises prolongées ont mis cette hypothèse à l'épreuve. La pandémie de Covid-19, notamment, a montré que certaines perturbations ne se

résorbent pas elles reconfigurent durablement les structures de la demande, les politiques commerciales et les relations inter-organisationnelles. Face à ce type de choc, la capacité à revenir à l'état initial ne suffit pas comme critère de performance (Aiken & West, 1991; Albers, 2009; Munoz & Dunbar, 2015; Oliveira et al., 2019).

Bien qu'Ivanov (2020) formalise le concept de viabilité des chaînes logistiques en réponse aux limites identifiées de la résilience. Ancrée dans la théorie des systèmes viables, la viabilité désigne la capacité d'une chaîne logistique à se maintenir dans un environnement changeant par une refonte de ses structures et une re planification de ses performances, avec des effets à long terme. Elle articule trois dimensions à savoir l'agilité, la résilience et la durabilité. Le modèle de chaîne logistique viable repose sur des mécanismes adaptatifs permettant des transitions entre configurations structurelles, gérant les perturbations comme les opportunités de croissance, tout en assurant la pérennité du système. Cette recherche mobilise ce cadre pour évaluer la capacité de l'écosystème automobile marocain à s'adapter structurellement face à des chocs prolongés et le rôle qu'y joue le taux d'intégration locale (Ellinger et al., 2015; Dolgui et al., 2020; Pavlov et al., 2025).

A ce niveau, la résilience et viabilité répondent à des horizons différents. La résilience maintient les fonctions du système face à des chocs connus ou prévisibles représentant une propriété de stabilisation à court terme. La viabilité opère sur un registre différent qui suppose sur des mécanismes d'apprentissage et de re configuration structurelle pour traverser des chocs inconnus ou durablement transformateurs. La durabilité en est une condition, non un attribut supplémentaire un système qui s'épuise ses ressources n'est pas viable, quelle que soit sa capacité d'adaptation à court terme (Ali et al., 2017; Pavlov et al., 2019).

## **2.2. Les chocs superposés et la nature systémique du risque logistique**

Les chaînes logistiques superposées désignent les situations où plusieurs perturbations de demande, d'offre, de capacité ou d'information surviennent simultanément ou en séquence rapprochée, amplifiant mutuellement leurs effets. La difficulté n'est pas de gérer chaque choc séparément, mais d'identifier les boucles de rétroaction qui propagent la perturbation à travers le réseau. Dans l'automobile, cela se traduit par la combinaison de pénuries de composants critiques (semi-conducteurs, transport maritime), de fluctuations imprévues de la demande export et de saturations d'infrastructures portuaires ou routières (El Abdellaoui & Pâché, 2020; Naoui et al., 2023).

Ces chocs intrinsèques ne se juxtaposent pas mais s'alimentent en prenant une re configuration rétroactive. Un choc de demande réduit les revenus, ce qui limite la re constitution des stocks de sécurité, ce qui expose le système à un choc d'offre suivant. Dans ce contexte, augmenter les stocks réponse classique à un choc d'offre peut devenir contre-productif si la demande chute en parallèle via des coûts de possession prohibitifs, d'obsolescence rapide. Bien que, les stratégies de résilience unidimensionnelles ne sont pas conçues pour ce type d'enchaînement. C'est précisément pourquoi la simulation dynamique est retenue car elle permet de modéliser des interactions non linéaires que les approches analytiques classiques peinent à capturer. Et ou, les crises récentes le confirment se définissent moins par leur intensité que par leur simultanéité (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 (Pfeffer & Salancik, 1978) postule que les organisations cherchent à minimiser leur dépendance à l'environnement externe et à sécuriser l'accès

aux ressources critiques. Appliquée aux chaînes logistiques, elle permet de comprendre comment les entreprises gèrent l'incertitude liée à l'approvisionnement. La dépendance s'accroît avec la criticité de la ressource, sa rareté et l'absence d'alternatives viables ce qui rend la continuité opérationnelle directement tributaire de la capacité à sécuriser cet accès (Capuano & Dawson, 2013; Altay et al., 2018; Ali & Gölgeci, 2019).

Dans ce cadre, le taux d'intégration locale agit comme levier de réduction de la dépendance externe. Un TIL élevé signifie qu'une part plus importante de la valeur du véhicule est produite localement, ce qui réduit l'exposition aux flux importés vulnérables aux pénuries, aux ruptures de transport et aux tensions géopolitiques. La substitution n'est pas neutre ou une dépendance externe, peu contrôlable, cède la place à une dépendance interne, plus configurable. Les chaînes se raccourcissent, les délais diminuent, l'exposition aux chocs exogènes recule (Perrow, 2011; El Abdellaoui & Moflih, 2017).

La durabilité s'inscrit dans cette même logique, non comme dimension environnementale ou sociale ajoutée, mais comme condition structurelle de viabilité. Une chaîne incapable de sécuriser ses ressources de façon stable n'est pas durable quelle que soit sa performance par ailleurs. La RDT fournit ainsi le cadre conceptuel pour analyser comment le TIL, en reconfigurant la structure de dépendance, conditionne la viabilité des chaînes logistiques face aux chocs superposés. C'est ce que la simulation dynamique permet de quantifier (Andreev et al., 2009; Wieland & Wallenburg, 2013). La table 1 synthétise l'appui de cet article par rapport aux principaux corpus théoriques mobilisés.

Corpus théorique	Auteurs de référence	Concept mobilisé	Contribution de cet article
<b>Viabilité des chaînes logistiques</b>	Ivanov, (2020, 2022) Ivanov & Dolgui, (2021)	Viable Supply Chain Model	Validation empirique par SD sur un écosystème émergent; identification d'un seuil critique de TIL
<b>Dépendance aux ressources</b>	Pfeffer & Salancik, (1978); Hillman et al., (2009)	Contrôle des ressources critiques	Opérationnalisation du TIL comme mécanisme de réduction de la dépendance externe
<b>Dynamique des systèmes</b>	Sterman, (2000); Gonçalves et al., (2005)	Boucles de rétroaction et non-linéarités	Modèle SD calibré sur données réelles; analyse contrefactuelle de scénarios TIL
<b>Résilience logistique</b>	Christopher & Peck, (2004); Ambulkar et al., (2015)	Capacité absorptive et adaptative	Dépassement du paradigme de résilience par le concept de viabilité structurelle
<b>Gestion des risques chaîne logistique</b>	Tang, (2006) Ho et al., (2015)	Stratégies robustes d'approvisionnement	Démonstration de l'effet seuil non linéaire; recommandations stratégiques différenciées
<b>Effets domino ou d'entraînement</b>	Dolgui et al., (2018) Ivanov et al., (2022)	Propagation des perturbations	Modélisation des chocs superposés; quantification des effets d'amplification inter-niveaux

**Table 01. Positionnement théorique et apports de la recherche**

### 3. CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIE DE SIMULATION DYNAMIQUE

#### 3.1. La théorie de la dépendance aux ressources

La théorie de la dépendance aux ressources (Pfeffer & Salancik, 1978) part d'un constat simple ou les organisations dépendent de ressources qu'elles ne contrôlent pas entièrement, et cette dépendance conditionne leur survie. Appliquée aux chaînes logistiques complexes, elle permet d'analyser comment les entreprises gèrent leur exposition aux acteurs externes pour maintenir leur continuité opérationnelle. La dépendance est d'autant plus forte que la ressource est rare, non substituable et concentrée chez un nombre limité de fournisseurs autant de facteurs qui alimentent le risque systémique (Pfeffer & Salancik, 2015; Wieland & Wallenburg, 2012).

Dans la chaîne logistique automobile marocaine, ce cadre permet de lire le taux d'intégration locale pour ce qu'il est considéré comme un levier de réduction de la dépendance externe. Produire localement une part croissante des composants, revient à internaliser des ressources jusqu'alors exposées aux aléas des marchés mondiaux. La décision n'est pas d'abord économique mais une reconfiguration structurelle, qui substitue une vulnérabilité exogène par une autonomie relativement contrôlable. Le TIL fonctionne ainsi comme une forme d'intégration verticale, réduisant l'incertitude sur l'approvisionnement en ressources critiques. La durabilité, dans ce cadre, déborde ses dimensions environnementales et sociales habituelles ou une chaîne incapable de sécuriser son approvisionnement de façon stable n'est pas viable, quelle que soit sa performance par ailleurs (Stecke & Kumar, 2009; El Abdellaoui, 2018b).

### **3.2. Les fondements de la modélisation par simulation dynamique**

Pour quantifier les relations entre risque systémique, dépendance aux ressources et viabilité, nous recourons à la simulation dynamique. Cette approche est conçue pour les systèmes où boucles de rétroaction, délais et non-linéarités interagissent. Là où, les modèles d'optimisation statiques décrivent un état, et les simulations événementielles discrètes tracent des séquences, la dynamique des systèmes s'intéresse à la structure causale pourquoi le système se comporte comme il le fait, pas seulement comment. Elle offre une perspective unique sur le comportement adaptatif des écosystèmes industriels face aux propagations plus critique (Forrester, 1961; Sterman, 2000).

Dans le contexte des chaînes logistiques superposées, cet outil est pertinent pour des raisons concrètes. Les effets d'amplification dont l'effet d'entraînement sont des comportements non intuitifs que les délais d'information et la structure des commandes produisent ou la simulation dynamique les capture là où les approches analytiques classiques les lissent. Elle modélise également les délais de production, de transport et d'information, qui déterminent la vitesse et l'intensité de propagation des chocs. Surtout, elle permet de simuler le comportement du système sur plusieurs années ce qui est nécessaire pour évaluer la viabilité, notion de long terme par définition, et pas seulement la résilience immédiate (Sterman, 2000; Gunasekaran et al., 2015; Anparasan & Lejeune, 2018).

### **3.3. La structure du modèle et des variables**

Le modèle repose sur trois catégories de variables interconnectées à savoir stocks, flux et ceux auxiliaires. Les stocks représentent les accumulations du système en termes de matières premières importées, composants locaux, véhicules finis, capacité de production installée. Leur niveau reflète directement la santé opérationnelle de la chaîne. Les flux modifient ces stocks de taux d'importation, de production, de commande externe et d'expansion de capacité. Ils déterminent les entrées et sorties des stocks, et par là la dynamique d'ensemble (Yates & Stone, 1992; Aqlan & Lam, 2015; Vieira et al., 2020).

Le taux d'intégration locale est la variable auxiliaire centrale du modèle, traité comme un paramètre de contrôle structurel un levier qui modifie la sensibilité du système aux chocs plutôt qu'une simple proportion comptable. Le modèle intègre deux types de boucles de rétroaction, celles négatives ramènent le système vers un objectif ou un stock de véhicules finis trop bas génère un signal de production élevé, qui reconstitue le stock. Un choc d'offre peut interrompre ce mécanisme et rendre la boucle inopérante. Alors que, les boucles positives amplifient le mouvement initial via une demande élevée génère des profits, qui stimulent l'investissement en capacité, qui renforce la capacité à satisfaire la demande future. Un TIL élevé agit sur cette boucle en rendant l'investissement perçu comme plus sécurisé. Le modèle intègre enfin une boucle propre à la viabilité, où le TIL s'ajuste en réponse à la vulnérabilité aux chocs d'offre mécanisme central de l'adaptation structurelle modélisée (Asbjørnslett, 2009; Aslam et al., 2020). La table 2 présente des paramètres structurants du modèle, leurs valeurs nominales et les seuils explorés dans les analyses par scénario.

Paramètre	Notation	Valeur nominale	Horizon & seuil testée
Taux d'Intégration Locale	TIL	0,40–0,80	0,30–0,95
Délai approvisionnement import	$\Delta t_A$	8 semaines	4–16 sem
Délai approvisionnement local	$\Delta t_B$	2 semaines	1–4 sem
Choc d'offre (réduction imports)	$\alpha_s$	–60%	–30% à –80%
Choc de demande (contraction)	$\alpha_d$	–30%	–15% à –50%
Durée du choc superposé	$T_{choc}$	18 mois	12–30 mois
Horizon de simulation	$T_{sim}$	120 mois	60–180 mois
Taux d'ajustement des stocks	$\gamma$	0,25	0,10–0,50
Couverture stock de sécurité	CSS	4 semaines	2–8 sem
Taux de croissance de la demande	$g_d$	3,5%/an	2–7%/an

Table 02. Paramètres clés du modèle de simulation

Variable de validation	Données observées	Sorties modèle	Erreur relative (%)
Production annuelle véhicules en moyenne	490 000 unités	478 000 unités	–2,4%
Volume exportations (Md MAD)	84,5	82,1	–2,8%
Taux d'utilisation capacité (%)	74%	71%	–4,1%
TIL observé (%)	42%	41%	–2,4%
Délai approvisionnement moyen	6,8 semaines	7,1 semaines	+4,4%
Indice de variabilité production	0,14	0,16	+14,3%
MAPE global du modèle	—	—	4,6%

*Note : Mean absolute percentage error (MAPE) avec un seuil d'acceptabilité < 10%*

Table 03. Validation comportementale du modèle

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

La crédibilité du modèle dépend de la qualité des données mobilisées. Les données structurelles à savoir l'architecture du réseau, les délais de transport et de production proviennent de la littérature spécialisée et de rapports industriels. Les données quantitatives via le taux de production, les volumes d'exportation, les investissements directs étrangers servent de base empirique au calibrage. Alors que, les paramètres de choc sont définis à partir d'événements réels ou une réduction de 60% de l'approvisionnement en semi-conducteurs sur 18 mois, combinée à une baisse de 30% de la demande européenne. Le calibrage ajuste ensuite les paramètres du modèle en termes de sensibilité des commandes aux stocks, notamment pour que son comportement en régime nominal reproduise les

données historiques de l'écosystème automobile marocain avant les perturbations (Avenier & Gavard-Perret, 2012; Azad et al., 2013; Azadegan & Dooley, 2021).

La validation procède en deux temps. La validation de structure vérifie que les équations et boucles de rétroaction représentent fidèlement les mécanismes de décision et les flux physiques de l'écosystème le plus souvent par consultation d'experts industriels. La validation du comportement compare les sorties du modèle en régime nominal aux données historiques réelles (2018-2020) ou le modèle est jugé valide si ses tendances correspondent aux observations avec une erreur acceptable. La difficulté principale tient aux variables non directement observables en termes des délais de perception et de facteurs de lissage dont les valeurs sont ajustées pour réduire l'écart entre simulation et réalité. Et sur ceux, l'option de calibrage fin qui conditionne la fiabilité de l'analyse des scénarios de viabilité (Babbie, 2015; Azadegan et al., 2013; Azadegan et al., 2020).

#### **4. ANALYSE DES RESULTATS DE SIMULATION ET DISCUSSION DES IMPLICATIONS STRATEGIQUES**

##### **4.1. La dynamique de la viabilité face aux chocs superposés**

Les simulations couvrent 10 ans, avec un choc superposé introduit à la troisième année : réduction de 60% du taux d'importation pendant 18 mois, combinée à une baisse de 30% de la demande européenne. L'analyse contrefactuelle ou chaque choc simulé séparément confirme que leur combinaison produit un impact supérieur à la somme des effets individuels. Le comportement du choc de demande comprime les revenus et vide les stocks de sécurité, ce qui expose le système au choc d'offre suivant avec moins de marges. A ce niveau, cette amplification mutuelle qui distingue les chocs superposés d'une simple accumulation de perturbations (El Abdellaoui & Pâché, 2019 ; Boubker et al., 2023).

Au niveau de 40% d'intégration locale, le système ne se rétablit pas mais il oscille. La production chute à -85% du niveau nominal. Quand le choc d'offre prend fin, la demande de production repart alors que les commandes d'importation sont encore basses ou le système sur-réagit, sature, puis s'effondre à nouveau. Ces oscillations peuvent ne pas s'amortir. Ce comportement n'est pas un aléa mais plutôt la conséquence directe d'une dépendance structurelle aux flux externes, qui prime la chaîne de tout mécanisme interne d'absorption (El Abdellaoui & Pâché, 2020; Boubker et al., 2023).

Alors qu'au niveau de 80%, le même choc produit une chute de production limitée à -30%, suivie d'un rétablissement en 18 mois sans oscillation notable. La différence tient à la structure où la majorité des composants provient du flux local, non affecté par le choc mondial. La chaîne n'est pas plus solide au sens absolu mais moins exposée. Le TIL agit comme mécanisme d'autorégulation, qui maintient la production au-dessus du seuil de survie pendant toute la durée du choc. Ce que les simulations montrent, est que la viabilité n'est pas une propriété qu'on acquiert en réponse aux crises mais une propriété qu'on intègre avant (El Abdellaoui, 2017; El Abdellaoui, 2018; El Abdellaoui & Paché, 2019). La figure 1 et table 4 illustre ces dynamiques pour les trois scénarios principaux (TIL 40%, 60% et 80%), faisant apparaître la non-linéarité de l'effet du TIL sur la viabilité systémique.

Indicateur de viabilité	TIL 40%	TIL 60%	TIL 80%	TIL 95%
Chute max. de production	-85%	-60%	-30%	-18%
Durée de rétablissement / mois	57 mois	37 mois	14 mois	8 mois
Amplitude oscillations post-choc	Très élevée ( $\pm 25\%$ )	Moyen ( $\pm 8\%$ )	Faible ( $\pm 2\%$ )	Notable
Indice de viabilité global (0-1)	0,21	0,51	0,84	0,93
Régime dynamique observé	Instabilité chronique	Viabilité conditionnelle	Stabilité adaptative	Stabilité robuste
Perte de parts de marché (%)	-42%	-23%	-9%	-4%
Délai retour au niveau avant le temps de perturbation	Non atteint	48 mois	18 mois	10 mois
Coût de la non-viabilité (estimé)	Très élevé	Élevé	Modéré	Faible

*Note : L'indice de viabilité global (0-1) agrège les dimensions résilience, agilité et durabilité, pondérées respectivement à 35%, 30% et 35%.*

Table 04. Résultats comparatifs de viabilité selon le scénario de TIL

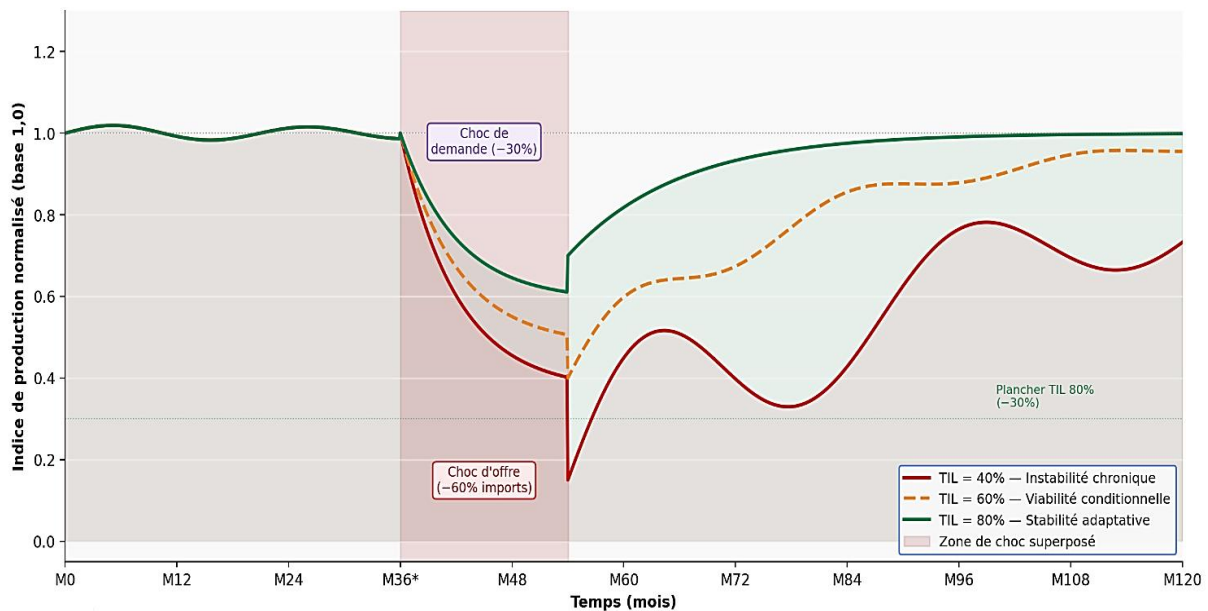


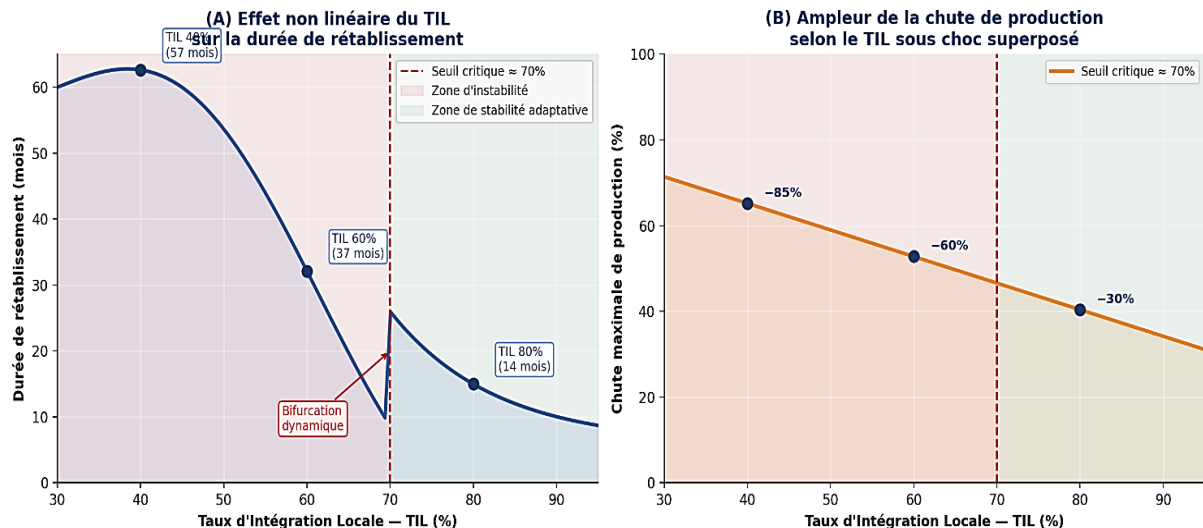
Figure 01. Dynamique de production normalisée sous chocs superposés selon le TIL

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

Le TIL n'est pas une mesure de performance parmi d'autres ou le paramètre qui détermine la nature même du comportement du système sous choc. En augmentant le TIL, la chaîne sort d'un état de multistabilité, où un choc peut déclencher une faillite, pour entrer dans un régime de stabilité dynamique, où les fonctions essentielles se maintiennent même sous forte contrainte. Le mécanisme est structurel, un TIL élevé optimise les délais logistiques, réduit la dépendance aux flux vulnérables et atténue l'effet d'entraînement induit par les perturbations externes. Au niveau de 60% configuration actuelle au niveau national, la chaîne se situe en zone critique, tient difficilement, et la durée du rétablissement se traduit directement par des pertes de compétitivité et de parts de marché (El Abdellaoui et al., 2022).

Ce que la théorie de la dépendance aux ressources éclaire pourquoi cette logique fonctionne. Et où, internaliser la production de composants critiques, consiste à substituer une dépendance externe

soumise aux aléas géopolitiques et aux ruptures de marché par une dépendance interne, plus contrôlable. La durabilité de la chaîne tient à cette capacité de contrôle, pas à ses performances environnementales ou sociales. Une chaîne logistique qui ne peut pas sécuriser et/ou sauvegarder son approvisionnement de façon stable n'est pas viable et dont le TIL est l'indicateur le plus direct de cette capacité dans le cas national (Forrester, 1961; Evrard Samuel, 2013; Fiksel, 2015). La figure 2 illustre ce phénomène de rétroactivité dynamique à travers deux indicateurs clés : la durée de rétablissement et l'ampleur de la chute de production.



**Figure 02. Indicateurs de viabilité de la chaîne logistique selon le taux d'intégration locale, temps de rétablissement et chute de la cadence de production**

### 4.3. Les implications théoriques et managériales

Nos résultats s'inscrivent dans le prolongement de la théorie de la viabilité des chaînes logistiques d'Ivanov (2021; 2022), en précisant les mécanismes. La résilience et la viabilité ne sont pas deux degrés d'une même propriété qu'elles opèrent sur des registres différents. La résilience mobilise les stocks tampons et la flexibilité des lignes de production pour absorber une propagation. La viabilité quant à elle modifie la structure même de la chaîne logistique pour réduire son exposition aux perturbations. Dans le cas national le TIL qui porte cette capacité. Augmenter le TIL ne renforce pas seulement la résistance aux chocs, cela réduit la dépendance structurelle aux sources de perturbation c.-à-d. le passage de la gestion des conséquences à celle des causes (Hendricks & Singhal, 2005; Heckmann et al., 2015; Ivanov & Dolgui, 2019).

Les simulations précisent qu'à un niveau faible de TIL, les chocs superposés font basculer le système en multistabilité ou l'oscillation peut ne pas s'atténuer, et la faillite systémique devient une issue probable. Alors qu'un niveau TIL élevé, le même choc produit une perturbation cyclique, suivie d'un rétablissement rapide avec une vitesse de rétablissement ou réactivité soutenue. Ce résultat déplace la question du risque pas seulement le choc externe qui détermine la non-viabilité mais plutôt la structure interne de la chaîne, ses délais, son TIL, ses boucles de rétroaction non maîtrisées. Autour de 70%, le comportement du système change de nature ou les oscillations cèdent la place à une dynamique stable et adaptative (Ivanov & Sokolov, 2019; Ivanov et al., 2019; El Abdellaoui et al., 2022).

Au niveau de l'entreprise, ces résultats plaident pour un dual sourcing structurel une locale dimensionnée pour la viabilité, une source globale pour l'optimisation des coûts. Le modèle montre que le coût de la non-viabilité dépasse celui d'un approvisionnement local plus onéreux. La politique de stockage doit également être recalibrée au terme que les stocks tampons ne devraient plus être indexés sur la demande moyenne, mais sur la vulnérabilité effective du système (indices de risque géopolitique et de pénurie inclus) (Ivanov et al., 2016; Ivanov, 2017).

Au niveau des politiques industrielles, l'effort doit cibler les composants qui concentrent la vulnérabilité, en priorité l'écosystème de rang 3. Les PME marocaines ont besoin d'un soutien technique et financier ciblé pour renforcer leur capacité d'absorption. Le partage d'information en temps réel entre acteurs de la chaîne est un prérequis opérationnel, et le modèle de simulation peut jouer un rôle d'outil de test permettant d'évaluer les effets d'une politique d'investissement avant de l'engager. La pensée systémique et la flexibilité organisationnelle complètent ce dispositif (Jüttner et al., 2003; Kleindorfer & Saad, 2005; Khan & Burnes, 2007).

## 5. CONCLUSION

Cet article a examiné la viabilité de la chaîne logistique automobile marocaine face aux chocs superposés, par simulation dynamique et dans le cadre de la théorie de la dépendance aux ressources. Les résultats pointent dans une orientation où le taux d'intégration locale n'est pas un indicateur économique parmi d'autres mais celui qui détermine si la chaîne tient ou bascule sous un choc prolongé. Au-delà d'un seuil d'environ 70%, le système cesse d'osciller pour entrer dans un régime de stabilité dynamique. Ce seuil n'est pas une recommandation de politique industrielle mais une propriété structurelle du système, que la simulation met en évidence. Ce que le cadre de la viabilité d'Ivanov (2020) apporte précisément cette capacité à distinguer ce qui résiste d'un choc de ce qui survit à une transformation durable. Pour le cas national, le passage d'une logique de résilience à une stratégie de viabilité structurelle n'est pas une option de long terme ce que les simulations identifient comme condition de survie dans l'environnement actuel (Kraljic, 1983; Lavastre & Spalanzani, 2010; Lavastre et al., 2012).

Au niveau de l'entreprise, le dual sourcing structurel ou celle locale dimensionnée pour la viabilité, une source globale pour les coûts est plus robuste qu'un approvisionnement unique optimisé. Le modèle montre ce que coûte la non-viabilité dépasse ce que coûte un approvisionnement local. Les stocks tampons méritent d'être recalibrés sur la vulnérabilité réelle du système plutôt que sur la demande moyenne. Au niveau des politiques industrielles, l'effort devrait se concentrer sur les composants qui génèrent la vulnérabilité contextuelle que structurelle ou l'écosystème de rang 3 en priorité avec un soutien technique et financier ciblé sur les PME. La numérisation et le partage d'information en temps réel réduisent les délais de perception. La logique systémique n'est pas une compétence accessoire dans ce contexte ce qui permet de lire les signaux faibles avant que le système affiche des signes d'alertes (Manuj & Mentzer, 2008; Louis & Pagell, 2018; Macdonald et al., 2018).

### 5.1. Les limites et perspectives de recherche future

Le modèle agrège les acteurs et simplifie les relations contractuelles ce qui suffit pour analyser des comportements systémiques, mais anéantit les dynamiques de négociation entre fournisseurs, constructeurs et sous-traitants. On peut avancer que, l'intégration de la théorie des jeux permettrait de simuler ces décisions individuelles et leur effet sur la viabilité des architectures contextuelles que de configurations. Les externalités environnementales sont également absentes pour évaluer le compromis entre viabilité économique qu'environnementale suppose d'intégrer le coût carbone du

transport et de la production locale comme une lacune que les travaux futurs devront combler si l'on prend au sérieux l'idée que durabilité et viabilité sont liées. Sur le plan empirique, une validation sur données réelles de crise (2020-2022) renforcera 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] El 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). Inscire 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., Zangoueinezhad, 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. (2017). 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 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., Tsipoulanis, 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). 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.