

# Modélisation et évaluation des chaînes logistiques résilientes

Anne-Laure Ladier<sup>1</sup>, Lorraine Trilling<sup>1</sup>

Univ Lyon, INSA Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Univ Lumière Lyon 2, DISP, EA4570,  
69621 Villeurbanne, France

{anne-laure.ladier,lorraine.trilling}@insa-lyon.fr

**Mots-clés :** *Supply chain, résilience, stratégie d'atténuation, optimisation, simulation*

## 1 Introduction

La pandémie de COVID-19 a montré la nécessité pour les chaînes logistiques de s'adapter à des situations imprévues et lourdement impactantes. Le confinement a en effet forcé les chaînes d'approvisionnement à s'adapter à une demande des consommateurs brusquement modifiée (à la hausse pour le papier toilette, à la baisse pour le poisson...), des réseaux de transport très perturbés (chauffeurs routiers indisponibles, réseau ferré fortement impacté, transport aérien extrêmement réduit, containers indisponibles, ports saturés) et des modalités de pilotage mouvantes (services de planification et de support en télétravail ou en congés). Pour s'adapter, on peut activer des leviers (par exemple réorganiser l'ouverture des sites et l'organisation des ressources, basculer vers un mode de transport plus sûr...) choisis en fonction de leur impact attendu sur un ensemble d'indicateurs de résilience ou d'adaptabilité.

Bien que la résilience de la Supply Chain soit largement abordée dans la littérature, des auteurs notent que : “*systematic studies on how it is defined and modeled are still rare*” [2].

Un premier travail de recherche nous a amenés à analyser les leviers d'action qui peuvent augmenter la résilience des chaînes logistiques, et à proposer des indicateurs de résilience [1]. Nous avons proposé une méthodologie (Figure 1) basée sur un modèle d'optimisation générique d'une chaîne logistique, permettant de valider (ou non) l'impact des différents leviers d'action identifiés sur les indicateurs de résilience d'une chaîne logistique soumise à des perturbations.

## 2 Description du problème

Dans ce présent travail, l'objectif est d'appliquer cette méthodologie pour évaluer sa pertinence. Le modèle de chaîne logistique proposé est configurable dans le sens où il s'adapte à la réalité d'un nombre important d'entreprises. Différentes études de cas trouvées dans la littérature permettent d'identifier les différents paramètres qui permettent cette configurabilité. Le modèle proposé est capable de prendre en considération plusieurs fournisseurs, sites de production, entrepôts de stockage et distributeurs, mais nous avons décidé de ne pas considérer les flux retours des produits venant des clients. Une des hypothèses est de considérer un flux mono-produit, soumis à une demande déterministe, mais qui peut être transféré d'un noeud à l'autre du réseau par différents moyens de transport. Il existe donc plusieurs routes entre deux points. Le modèle proposé est un modèle linéaire en nombres entiers (PLNE), qui vise à déterminer les valeurs des variables multi-périodes (quantités produites, stockées, livrées) sur un horizon de temps, sous les contraintes de satisfaction de la demande, respect des capacités sur chaque niveau de la chaîne logistique, conservation des flux à chaque noeud. La fonction objectif est une fonction de coût.

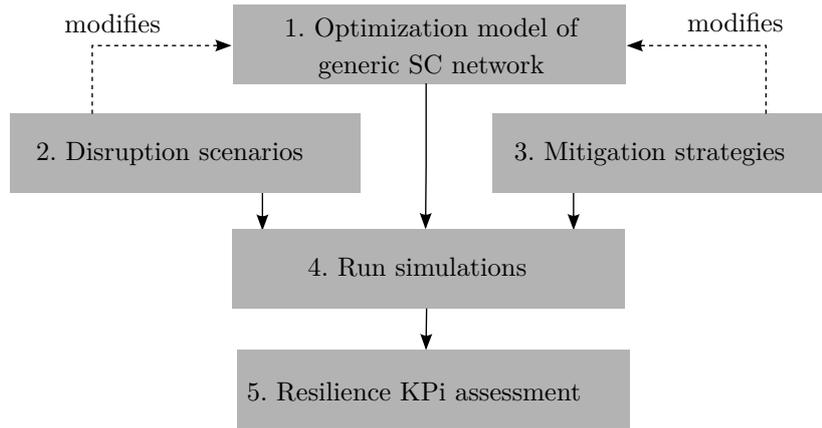


FIG. 1 – Méthodologie en 5 étapes pour l'évaluation des scénarios d'atténuation

### 3 Méthodologie

A partir de l'analyse de la littérature, nous avons développé plusieurs scénarios de perturbations, qui correspondent à différentes instances du modèle. Par exemple, la fermeture d'une frontière, due à un cas de pandémie, aura pour conséquence la fermeture d'une route reliant deux noeuds du réseau (ex : fournisseur et site de production).

L'étape suivante consiste à sélectionner les stratégies d'atténuation des risques, qui limiteront l'impact des perturbations sur les performances globales. Dans le modèle d'optimisation, cela consiste à ajuster de paramètres. Par exemple, la stratégie "Prévoir des capacités de production supplémentaires" est appliquées en modifiant la données capacité de production du site de production.

Les expérimentations numériques combinent scénarios de perturbations et stratégies de mitigation des risques pour simuler le comportement de la chaîne logistique dans ces différentes situations.

Les indicateurs évalués sont les suivants :

- *Recovery time* : temps de retour à la normale ;
- *Supply Chain performance* : taux de service client sur l'ensemble des périodes ;
- *Total costs* : transport, stockage, retard de livraison ;
- *Inventory levels* : des matières premières et produits finis à chaque niveau.

Les indicateurs de performance sont évalués à l'issue de chaque simulation afin de comparer les résultats et aider le décideur à choisir une stratégie, en fonction des valeurs des indicateurs de résilience.

### Références

- [1] Lauriane Bret, Maxime Dussud, Lucas Metral, Anne-Laure Ladier, and Lorraine Trilling. Towards a model assessing supply chain resilience strategies. In *9th CIRP Global Web Conference*, volume 103, pages 14–19, Saint Etienne, France, October 2021.
- [2] Maureen S Golan, Laura H Jernegan, and Igor Linkov. Trends and applications of resilience analytics in supply chain modeling : systematic literature review in the context of the COVID-19 pandemic. *Environment Systems and Decisions*, 40 :222–243, 2020.