

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES**

**PERFORMANCE DU PROJET DE SUPPLY CHAIN: L'IMPORTANCE  
D'INFRASTRUCTURES CRITIQUES**

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA  
MAÎTRISE EN GESTION DE PROJETS AVEC MÉMOIRE**

**PAR DUSHIME NTWALI WILLY PRINCE**

**Mars 2026**

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire, de cette thèse ou de cet essai a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire, de sa thèse ou de son essai.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire, cette thèse ou cet essai. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire, de cette thèse et de son essai requiert son autorisation.

## SOMMAIRE

Dans un environnement mondial marqué par la montée des risques systémiques : instabilité énergétique, dépendance numérique, perturbations logistiques et pressions géopolitiques, la réussite des projets de supply chain dépend de plus en plus de facteurs externes qui dépassent les considérations opérationnelles traditionnelles. Les infrastructures critiques, les outils numériques mobilisés et la capacité des organisations à s'appuyer sur des fournisseurs qualifiés constituent désormais des déterminants majeurs de la performance des projets. Ce mémoire s'inscrit dans cette perspective en examinant comment ces trois dimensions interagissent et influencent la performance des projets de supply chain.

L'étude débute par une revue structurée de la littérature scientifique en gestion de projet, logistique et systèmes d'information, complétée par une analyse bibliométrique permettant d'identifier les principaux auteurs, concepts et relations qui structurent ce champ. Cette base théorique a permis de construire un cadre conceptuel articulant trois variables explicatives : infrastructures critiques, outils numériques et qualification des fournisseurs à une variable dépendante : la performance des projets de supply chain. Le modèle propose également un rôle modérateur des outils numériques dans la relation entre les infrastructures et la performance, ainsi qu'un rôle structurant de la qualification des fournisseurs dans la robustesse des projets.

Ce mémoire contribue à enrichir la littérature en intégrant, de manière conjointe, trois dimensions souvent étudiées séparément. Il propose un cadre d'analyse permettant aux gestionnaires de mieux anticiper les risques, renforcer la robustesse de leurs projets et orienter les décisions d'investissement liées aux infrastructures critiques, aux outils numériques et aux processus de qualification des fournisseurs.

# TABLE DES MATIÈRES

## SOMMAIRE ii

## LISTE DES TABLEAUX ..... vii

## LISTE DES FIGURES ..... viii

## LISTE DES ABRÉVIATIONS ..... ix

## REMERCIEMENTS ..... x

## CHAPITRE 1 - INTRODUCTION GÉNÉRALE ..... 1

### 1.1 Problématique générale ..... 1

#### 1.1.1 Évolution historique des conceptions de la performance ..... 3

#### 1.1.2 Infrastructures critiques : une dimension structurelle encore sous-théorisée 4

#### 1.1.3 Digitalisation, intensification des risques et arbitrages managériaux ..... 5

#### 1.1.4 Le décalage théorique : un angle mort critique ..... 6

#### 1.1.5 Formulation de la problématique générale ..... 6

### 1.2 Problématique spécifique ..... 14

#### 1.2.1 Infrastructure : le déterminant oublié de la performance projet ..... 16

#### 1.2.2 Mécanismes : comment les IC se traduisent en résultats ..... 18

#### 1.2.3 Sélection/qualification des fournisseurs : l'angle mort de la résilience infrastructurelle ..... 20

#### 1.2.4 Outils numériques : modérateurs ou amplificateurs selon l'infrastructure 22

#### 1.2.5 Du contrôle interne aux déterminants externes et systémiques ..... 23

#### 1.2.6 Cadre conceptuel et propositions de recherche ..... 23

#### 1.2.7 Problématique managériale ..... 26

### 1.3 Localisation de la recherche ..... 27

#### 1.3.1 Localisation conceptuelle et logique contributive ..... 29

#### 1.3.2 Lien avec les questions de recherche ..... 31

### 1.4 Objectifs et questions de recherche ..... 31

|                                                   |                                                                                                            |           |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.4.1                                             | Cadre conceptuel du mémoire.....                                                                           | 32        |
| 1.4.2                                             | Objectifs et questions de recherche.....                                                                   | 33        |
| 1.5                                               | Périmètre et structure de la recherche .....                                                               | 38        |
| <b>CHAPITRE 2 - REVUE DE LA LITTÉRATURE .....</b> |                                                                                                            | <b>39</b> |
| 2.1                                               | La Supply Chain.....                                                                                       | 39        |
| 2.1.1                                             | Définition et évolution conceptuelle .....                                                                 | 39        |
| 2.1.2                                             | Complexité des chaînes d’approvisionnement.....                                                            | 43        |
| 2.1.3                                             | Performance et agilité des chaînes d’approvisionnement .....                                               | 47        |
| 2.1.4                                             | Outils analytiques et implications pour le design du réseau .....                                          | 51        |
| 2.1.5                                             | Tableau d’opérationnalisation .....                                                                        | 53        |
| 2.1.6                                             | Conclusion de 2.1.....                                                                                     | 55        |
| 2.2                                               | Infrastructures critiques.....                                                                             | 57        |
| 2.2.1                                             | Définition, périmètre et typologie .....                                                                   | 58        |
| 2.2.2                                             | Vulnérabilités et interdépendances dans les projets SC .....                                               | 60        |
| 2.2.3                                             | Intégration des infrastructures critiques dans la performance des projets.....                             | 64        |
| 2.2.4                                             | Vers une modélisation systémique de la performance .....                                                   | 66        |
| 2.2.5                                             | Les infrastructures critiques comme déterminant structurel de la performance des projets .....             | 68        |
| 2.2.6                                             | Robustesse, résilience et gouvernabilité des infrastructures critiques .....                               | 69        |
| 2.2.7                                             | Implications des infrastructures critiques pour les projets de supply chain                                | 70        |
| 2.2.8                                             | Conclusion de 2.2.....                                                                                     | 71        |
| 2.3                                               | Sélection et qualification des fournisseurs .....                                                          | 73        |
| 2.3.1                                             | Fondements théoriques et approches classiques .....                                                        | 73        |
| 2.3.2                                             | Qualification et évaluation continue des fournisseurs .....                                                | 74        |
| 2.3.3                                             | Intégration des infrastructures critiques et des outils numériques dans l’évaluation des fournisseurs..... | 75        |
| 2.3.4                                             | Lien entre qualification fournisseur, résilience et performance projet.....                                | 76        |
| 2.3.5                                             | Conclusion de 2.3.....                                                                                     | 77        |
| 2.4                                               | Outils informatisés du supply chain.....                                                                   | 78        |

|                                                              |                                                                                       |            |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.4.1                                                        | Rôle stratégique des outils numériques dans la chaîne d'approvisionnement.....        | 79         |
| 2.4.2                                                        | Influence des MIS et des systèmes prédictifs sur la résilience .....                  | 83         |
| 2.4.3                                                        | Technologies émergentes : IoT, IA, Blockchain et Digital Twin .....                   | 87         |
| 2.4.4                                                        | Contribution des outils numériques à la performance des projets de supply chain ..... | 93         |
| 2.4.5                                                        | Synthèse et implications pour le mémoire .....                                        | 98         |
| 2.4.6                                                        | Conclusion de 2.4.....                                                                | 98         |
| 2.5                                                          | Synthèse de la revue de littérature et cadre conceptuel.....                          | 99         |
| <b>CHAPITRE 3 - MÉTHODOLOGIE .....</b>                       |                                                                                       | <b>101</b> |
| 3.1                                                          | Introduction.....                                                                     | 101        |
| 3.2                                                          | Approche méthodologique.....                                                          | 102        |
| 3.3                                                          | Collecte des données.....                                                             | 102        |
| 3.4                                                          | Population et échantillonnage .....                                                   | 103        |
| 3.5                                                          | Techniques d'analyse .....                                                            | 103        |
| <b>CHAPITRE 4 - ANALYSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSION.....</b> |                                                                                       | <b>104</b> |
| 4.1                                                          | Introduction au chapitre .....                                                        | 104        |
| 4.2                                                          | Profil des répondants : assurance de validité interne .....                           | 106        |
| 4.3                                                          | D.1- Performance globale du projet : analyse descriptive .....                        | 109        |
| 4.3.1                                                        | Distribution des scores et statistiques descriptives .....                            | 109        |
| 4.3.2                                                        | Interprétation et liens avec le chapitre 1 (revue de littérature).....                | 110        |
| 4.4                                                          | D.2 - Liens causaux : antécédents et performance.....                                 | 111        |
| 4.4.1                                                        | Analyse : Infrastructures critiques et performance (D.2.a vs. Chapitre 2)<br>112      |            |
| 4.4.2                                                        | Influence des outils numériques.....                                                  | 114        |
| 4.4.3                                                        | Analyse : Qualification des fournisseurs et performance (D.2.c vs. Chapitre 3).....   | 114        |
| 4.5                                                          | Validation des hypothèses de recherche.....                                           | 115        |
| 4.5.1                                                        | Analyse détaillée des hypothèses .....                                                | 117        |
| 4.5.2                                                        | Conclusion de la validation des hypothèses.....                                       | 121        |

|                                               |                                                                                      |            |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.6                                           | Analyse transversale : relations entre les sections A, B, C et D .....               | 122        |
| 4.6.1                                         | Section A - Infrastructures critiques : rappel analytique .....                      | 123        |
| 4.6.2                                         | Section B - Outils numériques : rappel analytique.....                               | 125        |
|                                               | .....                                                                                | 125        |
| 4.6.3                                         | Section C - Fournisseurs : rappel analytique.....                                    | 127        |
| 4.7                                           | D.3 & D.4 Opérationnalisation et gouvernance de la performance .....                 | 128        |
| 4.7.1                                         | Adéquation des indicateurs de performance .....                                      | 128        |
| 4.7.2                                         | D.4 Gouvernance et implications managériales.....                                    | 129        |
| 4.8                                           | Discussion : synthèse des implications théoriques et pratiques .....                 | 130        |
| 4.8.1                                         | Implications théoriques .....                                                        | 130        |
| 4.8.2                                         | Implications managériales.....                                                       | 130        |
| 4.9                                           | Conclusion du chapitre.....                                                          | 132        |
| <b>CHAPITRE 5 - CONCLUSION GÉNÉRALE .....</b> |                                                                                      | <b>133</b> |
| 5.1                                           | Introduction .....                                                                   | 133        |
| 5.2                                           | Contributions originales du mémoire.....                                             | 134        |
| 5.2.1                                         | Contributions théoriques .....                                                       | 134        |
| 5.2.2                                         | Contributions méthodologiques .....                                                  | 135        |
| 5.2.3                                         | Contributions managériales.....                                                      | 136        |
| 5.3                                           | Limites de la recherche et perspectives.....                                         | 138        |
| 5.3.1                                         | Limites identifiées .....                                                            | 138        |
| 5.3.2                                         | Pistes de recherche futures .....                                                    | 140        |
| 5.4                                           | Réflexions finales : les infrastructures critiques au cœur de la performance durable | 141        |
| <b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>                    |                                                                                      | <b>143</b> |
| <b>ANNEXE A : Questionnaire.....</b>          |                                                                                      | <b>149</b> |

## **LISTE DES TABLEAUX**

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau 1 : Objectif de l'étude et questions de recherche .....                       | 34  |
| Tableau 2: Hypothèses de recherche .....                                              | 36  |
| Tableau 3 : Dimensions de performance de la supply chain et indicateurs associés..... | 54  |
| Tableau 4 Synthèse du profil des répondants .....                                     | 108 |
| Tableau 5 Statistiques descriptives : D.1 Performance globale .....                   | 109 |
| Tableau 6 Analyse détaillée des liens causaux D.2 (n=12) .....                        | 112 |
| Tableau 7 Synthèse de la validation des hypothèses de recherche (n=12).....           | 115 |
| Tableau 8 Synthèse comparative entre les sections : moyennes et interprétations ..... | 122 |
| Tableau 9 Scores Section A : Infrastructures critiques.....                           | 123 |
| Tableau 10 Scores Section B : Outils numériques de la supply chain .....              | 125 |
| Tableau 11 Scores Section C : Sélection et qualification des fournisseurs .....       | 127 |
| Tableau 12 Statistiques D.3 et D.4.....                                               | 128 |
| Tableau 15 Recommandations managériales issues des résultats empiriques .....         | 138 |



## LISTE DES FIGURES

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 1:Co-occurrence / authors keywords .....                                                               | 8   |
| Figure 2: Auteurs les plus productifs.....                                                                    | 8   |
| Figure 3: Citation/document.....                                                                              | 9   |
| Figure 4: Bibliographic coupling/documents.....                                                               | 9   |
| Figure 5: Nombre de documents par année .....                                                                 | 9   |
| Figure 6: Documents par année d’après les ressources.....                                                     | 10  |
| Figure 7: Documents par auteur .....                                                                          | 11  |
| Figure 8 : Documents par pays ou territoire .....                                                             | 12  |
| Figure 9: Documents par type.....                                                                             | 12  |
| Figure 10: Analyse bibliographique .....                                                                      | 13  |
| Figure 11: Localisation de la recherche .....                                                                 | 30  |
| Figure 12 Cadre conceptuel.....                                                                               | 33  |
| Figure 13: The pareto distribution (Christopher & Towill, 2001) .....                                         | 42  |
| Figure 14: The decoupling point (Christopher & Towill, 2001) .....                                            | 42  |
| Figure 15: The bullwhip effect in supply chains (Lee et al., 1997) .....                                      | 46  |
| Figure 16: exemple de l’interdépendances des infrastructure critique (Rinaldi et al., 2001).....              | 47  |
| Figure 17: Modèle conceptuel intégré .....                                                                    | 57  |
| Figure 18: Generalised framework of a digital twin for SC disruption management (Ivanov & Dolgui, 2021) ..... | 91  |
| Figure 19 Répartition des répondants par rôle et expérience (n=12).....                                       | 107 |
| Figure 20 Scores individuels de performance globale (D.1) avec moyenne (n=12)....                             | 109 |
| Figure 21 Impact perçu des antécédents sur la performance (D.2), moyennes $\pm$ écart-types (n=12) .....      | 112 |
| Figure 22 Comparaison entre les sections : moyennes des indicateurs clés par section (n=12).....              | 122 |
| Figure 23 Scores moyens Section A : indicateurs d'infrastructure (n=12).....                                  | 123 |
| Figure 24 Scores moyens Section B : outils numériques supply chain (n=12).....                                | 125 |
| Figure 25 Scores moyens Section C : qualification et résilience des fournisseurs (n=12) .....                 | 127 |
| Figure 26 Scores D.3 et D.4 : adéquation des indicateurs et gouvernance (n=12) .....                          | 128 |

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

| <b>Abréviation</b> | <b>Signification en anglais</b>                       | <b>Signification en français</b>                              |
|--------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>AI</b>          | Artificial Intelligence                               | Intelligence artificielle                                     |
| <b>APS</b>         | Advanced Planning and Scheduling                      | Planification et ordonnancement avancés                       |
| <b>BCP</b>         | Business Continuity Plan                              | Plan de continuité des activités                              |
| <b>CPFR</b>        | Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment | Planification, prévision et réapprovisionnement collaboratifs |
| <b>COVID-19</b>    | Coronavirus Disease 2019                              | Maladie à coronavirus 2019                                    |
| <b>ERP</b>         | Enterprise Resource Planning                          | Progiciel de gestion intégré                                  |
| <b>IBP</b>         | Integrated Business Planning                          | Planification intégrée des activités                          |
| <b>ICT</b>         | Information and Communication Technology              | Technologies de l'information et de la communication          |
| <b>IoT</b>         | Internet of Things                                    | Internet des objets                                           |
| <b>KPI</b>         | Key Performance Indicator                             | Indicateur clé de performance                                 |
| <b>MCDM</b>        | Multi-Criteria Decision Making                        | Aide à la décision multicritère                               |
| <b>PMBOK</b>       | Project Management Body of Knowledge                  | Guide des connaissances en gestion de projet                  |
| <b>SC</b>          | Supply Chain                                          | Chaîne d'approvisionnement                                    |
| <b>SCM</b>         | Supply Chain Management                               | Gestion de la chaîne d'approvisionnement                      |
| <b>SCOR</b>        | Supply Chain Operations Reference Model               | Modèle de référence des opérations de la chaîne logistique    |
| <b>SLA</b>         | Service Level Agreement                               | Accord de niveau de service                                   |
| <b>S&amp;OP</b>    | Sales and Operations Planning                         | Planification des ventes et des opérations                    |
| <b>SRM</b>         | Supplier Relationship Management                      | Gestion de la relation fournisseurs                           |
| <b>TMS</b>         | Transportation Management System                      | Système de gestion du transport                               |
| <b>VMI</b>         | Vendor Managed Inventory                              | Gestion des stocks par le fournisseur                         |
| <b>WMS</b>         | Warehouse Management System                           | Système de gestion d'entrepôt                                 |

## REMERCIEMENTS

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude envers ma famille, en particulier ma mère et mes frères, pour leur soutien constant, leurs encouragements et la confiance qu'ils m'ont toujours témoignée. Leur présence et leurs paroles m'ont appris à persévérer et à poursuivre mes objectifs avec détermination. Je remercie également sincèrement mon oncle pour son appui et ses encouragements tout au long de ce parcours.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent à mon directeur de mémoire, le professeur Darli Rodrigues Vieira, pour son accompagnement rigoureux, la qualité de ses conseils et l'attention portée à ce travail. Sa rigueur scientifique et sa capacité à encourager la réflexion critique ont été déterminantes dans la réalisation de ce mémoire. Je remercie également l'ensemble des professeurs du programme de maîtrise en gestion de projet de l'Université du Québec à Trois-Rivières pour leur enseignement et leur encadrement.

Je souhaite aussi remercier mes amis et collègues à l'UQTR, Faustin et Badara, pour leur soutien, leur amitié et les nombreuses heures de travail partagées tout au long de cette expérience.

La réalisation de ce mémoire marque une étape importante de mon parcours académique et professionnel, et renforce mon engagement à poursuivre avec rigueur et détermination des projets porteurs de sens et d'impact dans mon domaine.

# CHAPITRE 1 -INTRODUCTION GÉNÉRALE

## 1.1 Problématique générale

La mondialisation, les avancées technologiques et l'externalisation croissante des activités ont transformé les chaînes d'approvisionnement en systèmes complexes, globaux et interdépendants (Christopher, 2016; Mentzer et al., 2001). Ces évolutions ont certes permis des gains considérables en termes de compétitivité, de rapidité et de réduction des coûts, mais elles ont parallèlement amplifié les vulnérabilités systémiques. En effet, les chaînes d'approvisionnement ne reposent plus uniquement sur la coordination d'acteurs économiques dispersés, mais également sur des infrastructures physiques et numériques hautement intégrées, rendant leur performance dépendante de facteurs exogènes difficilement maîtrisables (Ivanov & Dolgui, 2020).

Historiquement, les cadres classiques d'évaluation de la performance, tels que le triptyque coût délai qualité ou les référentiels comme SCOR, ont largement considéré l'environnement infrastructurel comme un simple contexte relativement stable (Gunasekaran et al., 2017). Or, les événements récents montrent que les infrastructures de transport, d'énergie, de télécommunication, ainsi que les infrastructures numériques (centres de données, réseaux, systèmes de cybersécurité), constituent aujourd'hui des déterminants majeurs de la performance des projets logistiques. Leur défaillance même partielle peut provoquer retards, surcoûts, ruptures de service et échecs d'implantation.

Les chaînes d'approvisionnement doivent ainsi faire face à une pluralité croissante de risques : incertitude de la demande, fragmentation géographique des fournisseurs, pressions liées au développement durable, volatilité énergétique et dépendance critique envers les infrastructures essentielles (Kamalahmadi & Parast, 2016). À ces défis s'ajoutent l'intensification des exigences réglementaires internationales, notamment en matière de cybersécurité, de commerce transfrontalier et de transition énergétique qui, complexifient la gestion des projets (Ivanov & Dolgui, 2021).

La pandémie de COVID-19 constitue un point de bascule majeur dans la prise de conscience de ces vulnérabilités. Les ruptures massives de production et de transport ont révélé la fragilité des modèles « just-in-time » face aux chocs systémiques (Choi et al., 2020). Parallèlement, des cyberattaques de grande ampleur telles que SolarWinds ou Colonial Pipeline ont démontré la capacité des menaces numériques à paralyser des écosystèmes logistiques et énergétiques entiers (Bronk & Conklin, 2022). S’y ajoutent les catastrophes naturelles exacerbées par le changement climatique (incendies, inondations, séismes) et les tensions géopolitiques récentes, comme la guerre en Ukraine ou les rivalités commerciales États-Unis-Chine, qui perturbent profondément les réseaux d’approvisionnement mondiaux (Handfield et al., 2020; Ivanov, 2024).

Ces événements ont eu des impacts directs sur la performance des chaînes logistiques : retards massifs, explosion des coûts, ruptures prolongées d’approvisionnement et perte de confiance des parties prenantes envers les promesses initiales des projets (Pettit et al., 2010; Sarkis, 2020). En conséquence, la recherche académique étend désormais la notion de performance au-delà des critères opérationnels traditionnels. La robustesse systémique, la résilience organisationnelle et l’adaptabilité deviennent des composantes essentielles de l’évaluation de la performance dans un contexte d’incertitude élevée (Barykin et al., 2020; Brusset & Teller, 2017).

Ainsi, les modèles classiques de performance doivent être repensés. Il ne s’agit plus seulement d’optimiser l’efficacité opérationnelle, mais de bâtir des chaînes capables de résister, d’absorber et de se rétablir rapidement après une perturbation. La littérature récente insiste sur la nécessité d’approches interdisciplinaires intégrant des notions issues du risk management, de la sécurité des infrastructures critiques, et de la cybersécurité, afin d’anticiper et de mitiger les crises futures (Ivanov, 2024; Sheffi, 2020). Dans ce cadre, la performance ne peut être dissociée de la sécurité, de la disponibilité et de l’interopérabilité des infrastructures physiques (routes, ports, entrepôts, pipelines) et numériques (systèmes ERP, cloud computing, cybersécurité, réseaux de télécommunications).

Par ailleurs, bien que de nombreuses entreprises aient investi massivement dans des technologies numériques avancées (ERP, APS, TMS, SCM, IoT), ces outils ne délivrent leur plein potentiel qu'à la condition que les infrastructures de soutien soient stables, résilientes et protégées contre les menaces internes et externes (Aljoghaiman & Ghouri, 2024; Gunasekaran et al., 2017). Autrement dit, les solutions digitales si elles sont isolées d'un socle robuste d'infrastructures critiques ne peuvent constituer à elles seules un facteur durable de compétitivité.

Enfin, dans un environnement marqué par la fréquence et l'intensité croissantes des crises systémiques, la performance des projets de supply chain dépend de manière accrue de facteurs exogènes encore sous-théorisés dans la littérature. Alors que la recherche logistique s'est longtemps concentrée sur l'optimisation interne (flux, stocks, coordination des fournisseurs), elle tend aujourd'hui à reconnaître le rôle central des infrastructures critiques, tant physiques que numériques, dans la pérennité et la performance globale des chaînes (Ivanov, 2024; Mead, 2022). Ce mémoire s'inscrit dans cette dynamique en postulant que la compréhension et l'intégration des infrastructures critiques dans l'évaluation de la performance constituent une condition nécessaire à la réussite des projets logistiques contemporains.

### **1.1.1 Évolution historique des conceptions de la performance**

Les premiers travaux en gestion des opérations et en logistique se concentraient principalement sur l'optimisation des flux physiques, la réduction des coûts et la maîtrise des stocks dans une perspective essentiellement intra-organisationnelle. Avec la montée du Supply Chain Management (SCM), la focalisation s'est progressivement déplacée vers l'intégration inter-organisationnelle, la coordination, la création de valeur et l'amélioration du service (Christopher, 2016; Lambert & Cooper, 2000). Malgré cet élargissement conceptuel, l'orientation dominante de la performance est restée centrée sur l'efficacité interne.

Cependant, les crises majeures des deux dernières décennies tsunami de 2011 au Japon, inondations en Thaïlande, blocages portuaires, ou incident du canal de Suez ont

mis en évidence la capacité de perturbations localisées à générer des effets globaux touchant des secteurs entiers (automobile, électronique, pharmaceutique) (Wieland & Wallenburg, 2013). Ces épisodes ont montré que la performance ne peut plus être évaluée indépendamment de la vulnérabilité structurelle associée aux infrastructures dont dépend la chaîne.

C'est dans ce contexte qu'a émergé la notion de résilience. Des auteurs comme (Christopher et al., 2004), (Ponomarov & Holcomb, 2009) ou (Sheffi & Rice Jr, 2005) ont élargi la vision de la performance en introduisant la capacité à anticiper, absorber et récupérer face aux perturbations. La résilience n'est plus un attribut souhaitable mais une composante nécessaire de la compétitivité. Toutefois, une grande partie de ces travaux demeure centrée sur la configuration des réseaux, les politiques de stock ou la diversification des fournisseurs, laissant en arrière-plan la question cruciale des infrastructures critiques.

### **1.1.2 Infrastructures critiques : une dimension structurelle encore sous-théorisée**

La montée des politiques publiques de protection des infrastructures critiques qu'il s'agisse des cadres nord-américains (NIST, Department of Homeland Security) ou européens (directive sur la résilience des entités critiques) témoigne de la reconnaissance croissante de leur rôle stratégique dans la continuité des services essentiels. Ces cadres identifient explicitement l'énergie, les transports, les télécommunications, la santé, l'eau ou encore les finances comme secteurs critiques pour la stabilité économique et sociale. Pourtant, le lien entre ces politiques d'infrastructures critiques et la performance des projets logistiques demeure peu exploré en gestion de projet et en SCM.

D'un point de vue analytique, les infrastructures critiques constituent une plateforme sociotechnique sur laquelle se greffent les projets de transformation logistique. Les travaux de (Rinaldi et al., 2001) et (Ouyang, 2014) montrent que ces infrastructures sont caractérisées par des interdépendances physiques, cyber, géographiques et logiques susceptibles de générer des effets en cascade. Une perturbation sur un nœud énergétique,

un hub portuaire ou un backbone télécom peut ainsi affecter simultanément plusieurs systèmes et compromettre l'exécution de projets tels que la mise en service d'un entrepôt automatisé ou le déploiement d'un TMS ou d'un ERP.

Dans une perspective Resource-Based View (RBV) et de capacités dynamiques (Teece, 2017), les infrastructures critiques peuvent être interprétées comme des ressources et capacités de niveau système, partiellement contrôlées par l'entreprise mais déterminantes pour sa capacité à reconfigurer ses opérations. Une organisation évoluant dans un environnement infrastructurel robuste bénéficie d'un avantage structurel pour mener des projets complexes, contrairement à une organisation soumise à des infrastructures fragiles.

Les approches sociotechniques et systémiques renforcent cette lecture en soulignant que la performance résulte de l'alignement entre composantes techniques (infrastructures, technologies, équipements) et sociales (acteurs, institutions, gouvernance) (Aven, 2016). Les choix technologiques, tels que le passage au cloud, adoption d'architectures micro-services renforcent la dépendance vis-à-vis des infrastructures numériques, tandis que les politiques publiques (régulation, cybersécurité, énergie) reconfigurent les risques associés aux projets.

### **1.1.3 Digitalisation, intensification des risques et arbitrages managériaux**

La digitalisation accélérée, à travers les plateformes collaboratives, l'IoT, les jumeaux numériques et l'analytique avancée, promet une amélioration significative de la visibilité et de la prise de décision (Ivanov & Dolgui, 2021). Toutefois, ces innovations ne produisent leur plein potentiel que si les infrastructures sous-jacentes sont stables, sécurisées et résilientes (Aljoghaiman & Ghouri, 2024; Gunasekaran et al., 2017). En l'absence de ce socle, les projets numériques accroissent la dépendance technologique, la surface d'attaque et la complexité, fragilisant davantage l'organisation.

Ces dynamiques se traduisent par des tensions managériales :



- entre réduction des coûts unitaires et nécessité de redondances infrastructurelles ;
- entre standardisation des solutions globales et adaptation aux contraintes locales (énergie, réseaux, réglementation);
- entre gouvernance centralisée et coordination avec des acteurs externes opérateurs d'infrastructures, autorités publiques, fournisseurs technologiques.

#### **1.1.4 Le décalage théorique : un angle mort critique**

Malgré l'importance stratégique de ces enjeux, la littérature sur la performance des projets de supply chain demeure centrée sur des dimensions internes telles que les compétences de l'équipe projet, la planification, la gestion des risques classiques ou l'alignement stratégique (Too & Weaver, 2014). Les infrastructures critiques restent souvent un arrière-plan peu analysé, alors qu'elles définissent les limites de ce qu'il est possible d'atteindre en matière de coûts, délais et qualité.

En résumé, si la performance des projets logistiques dépend de plus en plus de la stabilité, de la sécurité et de l'interopérabilité des infrastructures critiques, ces dernières demeurent largement absentes des modèles théoriques dominants. C'est précisément ce décalage entre centralité pratique et faible théorisation qui constitue le noyau de la problématique générale.

#### **1.1.5 Formulation de la problématique générale**

Afin d'étayer ce constat et de situer plus précisément ce mémoire au regard des travaux existants, une analyse bibliométrique a été réalisée à l'aide du logiciel VOSviewer. Cette démarche visait à identifier les dynamiques conceptuelles et les principaux clusters thématiques structurant la littérature relative à la performance des projets de supply chain et aux infrastructures critiques.

Les données ont été extraites de la base Scopus le 28/09/2025, à partir d'une requête combinant les termes relatifs aux infrastructures critiques, aux outils numériques et à la performance des supply chains. La période retenue couvre 2010-2024, afin

d'intégrer les développements récents liés à la digitalisation, aux perturbations systémiques et aux enjeux contemporains de résilience logistique.

Un travail préalable de nettoyage des données a été effectué avant l'analyse, incluant la suppression des doublons ainsi que l'harmonisation des mots-clés équivalents. Ce traitement visait à limiter les biais liés aux variations terminologiques et à améliorer la cohérence du réseau obtenu.

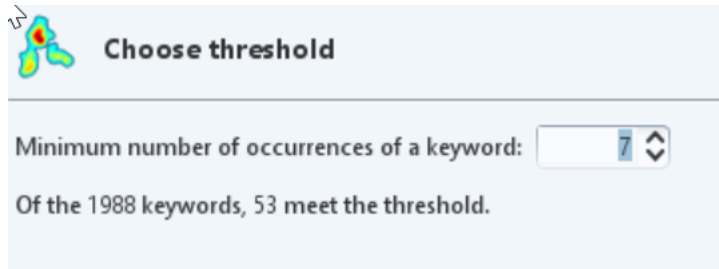
L'analyse a été réalisée sous VOSviewer (version 1.6.20), en mobilisant la méthode de co-occurrence des mots-clés. Le mode de comptage retenu est celui du *full counting*, dans lequel chaque occurrence d'un mot-clé est comptabilisée de manière équivalente. Ce choix méthodologique a été privilégié afin de refléter l'importance effective des termes dans la littérature, sans pondération fractionnée liée au nombre total de co-auteurs ou de co-occurrences.

Le seuil minimal de 7 occurrences a été fixé afin d'assurer un compromis entre lisibilité du réseau et représentativité des concepts dominants, conformément aux pratiques usuelles en analyse bibliométrique exploratoire. L'application de ce seuil a conduit à la sélection de 53 mots-clés sur un total de 1988 indexés dans la base initiale.

Les visualisations produites (cartes de co-occurrence, clusters thématiques et réseaux de co-citation) permettent d'observer l'organisation conceptuelle du champ et d'identifier la position relative des notions de performance, de résilience et d'infrastructures critiques au sein du réseau scientifique. Il ressort de cette cartographie que, si les thèmes liés à la performance des supply chains et à la transformation numérique occupent une place centrale, les infrastructures critiques apparaissent plus périphériques et rarement articulées explicitement à la performance des projets.

Cette analyse bibliométrique ne prétend pas épuiser l'ensemble des travaux existants, mais fournit un cadre structuré pour positionner la problématique développée dans ce mémoire et justifier l'intérêt d'une approche intégrant explicitement les infrastructures critiques dans l'analyse de la performance des projets de supply chain.

## FIG 2 CO-OCCURANCE/ AUTHORS KEYWORDS



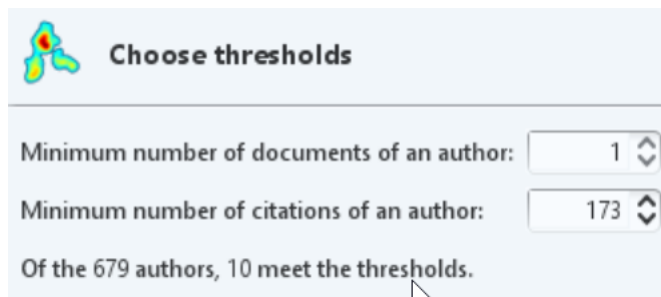
**Choose threshold**

Minimum number of occurrences of a keyword:

Of the 1988 keywords, 53 meet the threshold.

Figure 1: Co-occurrence / authors keywords

Après les auteurs les plus productifs, les plus influents en prenant en compte 10 auteurs, à partir de la matrice de synthèse nous pouvons voir les plus productifs mais moins influents, les plus productifs et les plus influents, les auteurs les moins productifs mais plus influents, les moins productifs et les moins influents.



**Choose thresholds**

Minimum number of documents of an author:

Minimum number of citations of an author:

Of the 679 authors, 10 meet the thresholds.

Figure 2: Auteurs les plus productifs

Sur un total de 236 articles, un seuil minimal de 101 citations par document a été retenu. 19 articles répondent à ce critère et représentent les travaux les plus influents sur la performance des chaînes d'approvisionnement et l'importance des infrastructures critiques.

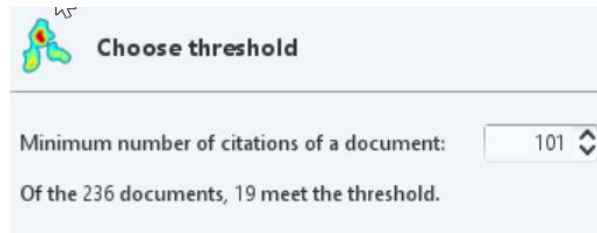


Figure 3: Citation/document

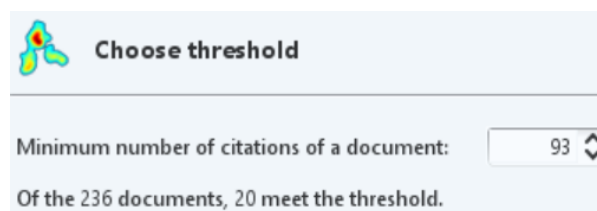


Figure 4: Bibliographic coupling/documents

Pour l'analyse par couplage bibliographique, un seuil de 93 citations a été retenu. Sur un total de 236 documents, 20 atteignent ce critère, permettant d'identifier des regroupements thématiques représentatifs des principaux fronts de recherche dans le domaine.

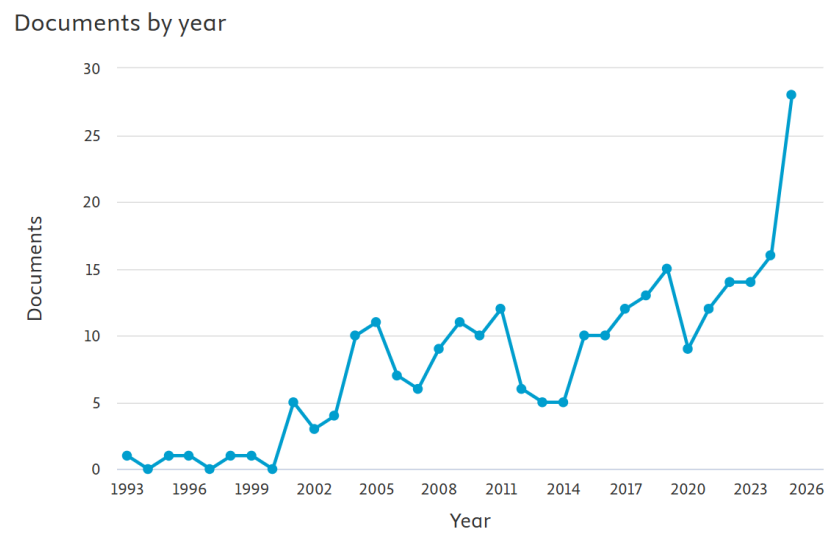


Figure 5: Nombre de documents par année

La figure 6 illustre l'évolution du nombre de publications par année entre 1993 et 2025. On observe une croissance progressive de la production scientifique, particulièrement marquée à partir de 2015. Cette tendance traduit l'intérêt croissant de la communauté académique pour les thématiques liées à la performance des chaînes d'approvisionnement et à l'importance des infrastructures critiques, avec un pic notable au cours des dernières années.

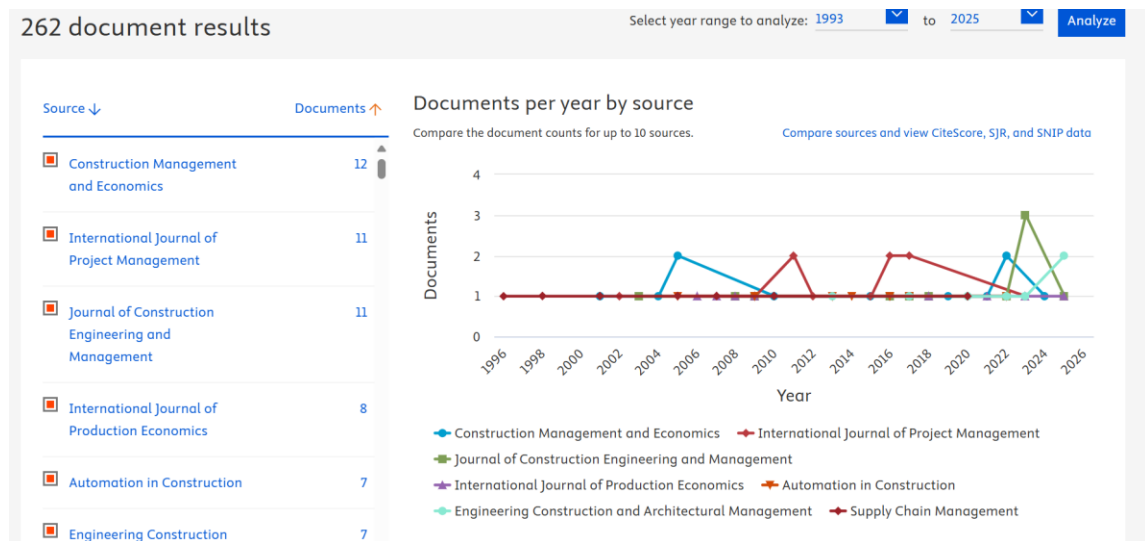


Figure 6: Documents par année d'après les ressources

La figure 7 illustre la répartition des publications par source. Sur un ensemble de 262 documents. Les résultats montrent une concentration dans des revues spécialisées en gestion de la construction (Construction Management and Economics, Journal of Construction Engineering and Management, Automation in Construction), en gestion de projet (International Journal of Project Management) ainsi qu'en gestion de la chaîne d'approvisionnement (Supply Chain Management, International Journal of Production Economics). Cette répartition confirme le caractère interdisciplinaire du champ étudié, à la croisée de la construction, des infrastructures critiques et de la performance des chaînes d'approvisionnement. La prédominance des revues liées à la construction s'explique par

le rôle fondamental des infrastructures physiques et numériques dans la résilience logistique, tandis que l'essor des publications après 2015 reflète l'impact de la transformation numérique et de crises globales telles que la pandémie de COVID-19, qui ont renforcé l'intérêt académique pour ces enjeux.

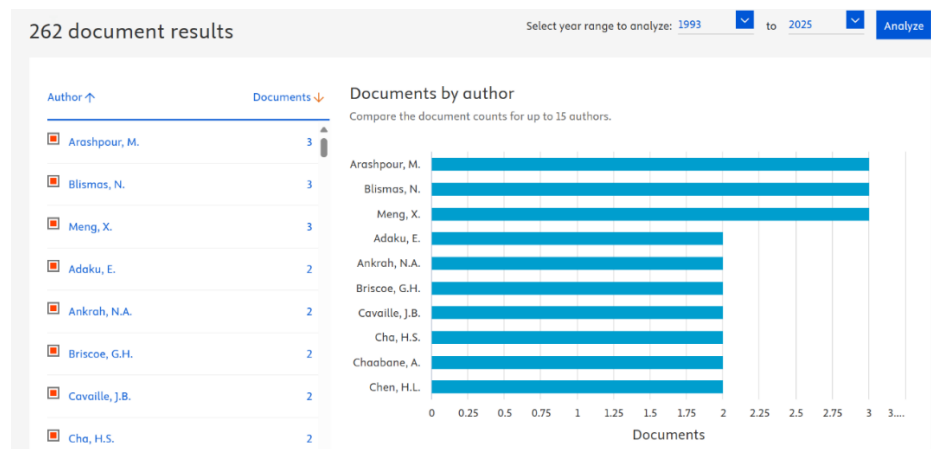


Figure 7: Documents par auteur

Sur le corpus retenu ( $n = 262$ ), la production scientifique apparaît relativement dispersée : les auteurs les plus prolifiques identifiés ne publient que quelques articles chacun. Ce résultat suggère un champ encore fragmenté, structuré davantage par des thématiques (résilience, transformation numérique, performance) que par un petit nombre de chercheurs dominants. Dans ce mémoire, cette dispersion justifie une lecture par clusters et par axes conceptuels, plutôt que par écoles d'auteurs, afin de positionner précisément la place des infrastructures critiques dans l'explication de la performance des projets supply chain.

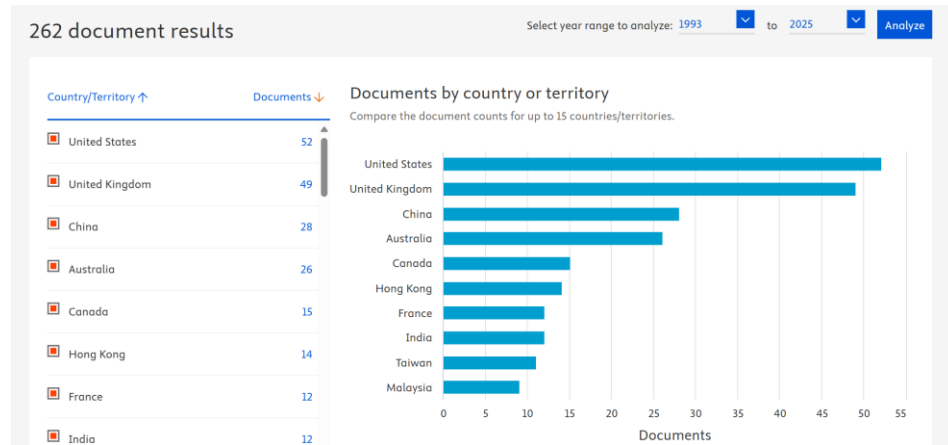


Figure 8 : Documents par pays ou territoire

La répartition par pays montre que les États-Unis (52 documents) et le Royaume-Uni (49 documents) constituent les principaux contributeurs, suivis par la Chine (28) et l'Australie (26). Les pays anglophones dominent donc largement la production scientifique, ce qui reflète l'usage de l'anglais comme langue académique internationale. Par ailleurs, des contributions significatives émergent également de pays asiatiques tels que la Chine, l'Inde et Hong Kong, soulignant l'importance croissante de ces régions dans ce domaine de recherche.

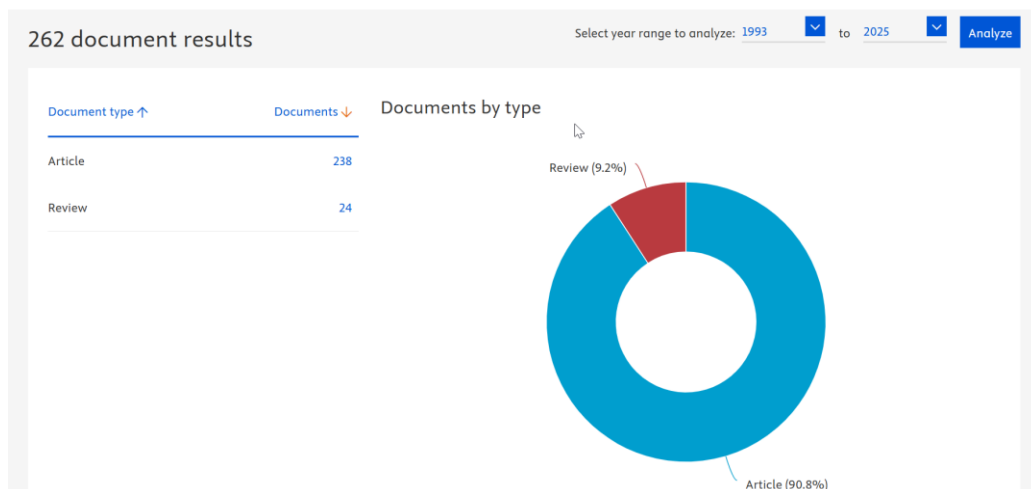


Figure 9: Documents par type

L'analyse par type de document révèle une prédominance des articles de recherche (238 documents, soit 90,8 %), contre seulement 24 articles de revue (9,2 %). Cette distribution illustre la forte orientation empirique et originale de la littérature scientifique dans ce domaine, tandis que les travaux de synthèse demeurent minoritaires.

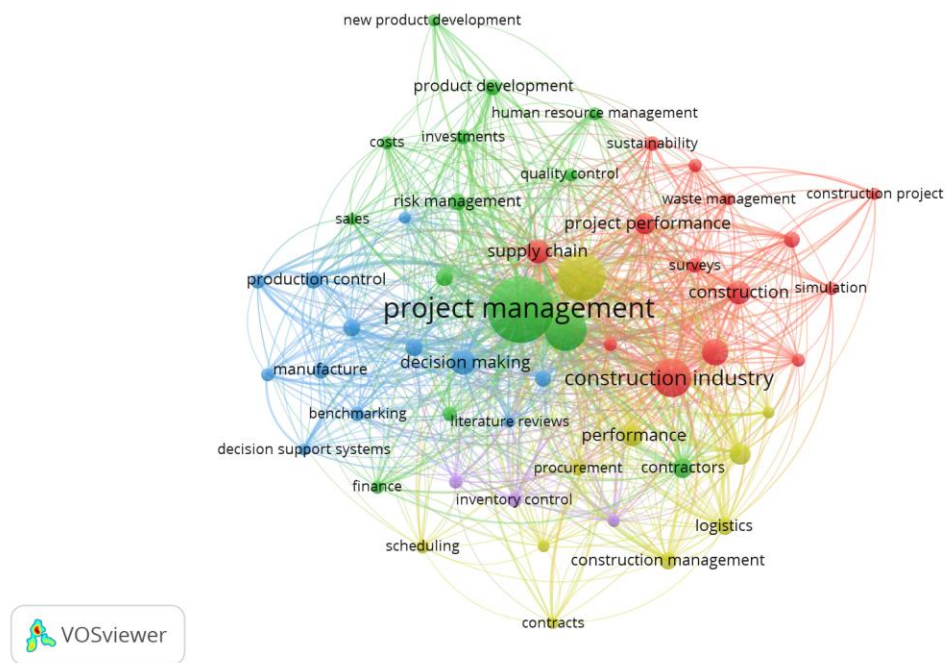


Figure 10: Analyse bibliographique

La cartographie bibliométrique des co-occurrences de mots-clés révèle que le terme “project management” constitue le cœur du champ étudié, en interaction avec plusieurs thématiques connexes. Quatre clusters principaux se distinguent : (1) la gestion de la construction et ses outils (rouge), (2) la durabilité, la gestion des risques et la supply chain (vert), (3) le contrôle de la production et les processus industriels (bleu), et (4) la gestion opérationnelle et logistique (violet). Cette structuration illustre la nature multidimensionnelle du management de projet, reliant la performance, l'industrie de la construction et la gestion organisationnelle.



En résumé, cette analyse bibliométrique confirme et précise la problématique mise en évidence dans cette section. D'une part, la littérature se structure clairement autour des thèmes de performance, de résilience et de transformation numérique des supply chains. D'autre part, les infrastructures critiques n'apparaissent qu'en position périphérique, rarement articulées de manière explicite à la performance des projets de supply chain. Ce décalage entre la centralité pratique des infrastructures critiques et leur place marginale dans les réseaux de publications consolide ainsi le noyau de la problématique générale développée ci-dessus et justifie la focale adoptée dans ce mémoire.

Comment repenser la performance des projets de supply chain dans un environnement où les infrastructures critiques, leurs vulnérabilités, leurs interdépendances et leurs impacts jouent un rôle déterminant mais encore peu théorisé ? Plus précisément, Comment articuler, dans un cadre intégré, les dimensions d'infrastructures physiques et numériques, de risques systémiques, de résilience et de transformation numérique pour comprendre les trajectoires de succès ou d'échec des projets logistiques contemporains ?

Ce chapitre vise à poser les fondations de cette réflexion, en formulant la problématique générale, puis la problématique spécifique, en localisant la recherche et en explicitant les objectifs et questions qui structureront la suite du mémoire. Les chapitres suivants approfondiront ces dimensions en construisant un cadre conceptuel permettant d'analyser les voies par lesquelles les infrastructures critiques influencent la performance des projets de supply chain.

## **1.2 Problématique spécifique**

La littérature en supply chain (SC) a abondamment étudié la performance, l'agilité, la résilience et la transformation numérique. Pourtant, l'analyse des projets de supply chain demeure étonnamment déconnectée des infrastructures critiques (IC) qui les supportent au quotidien (Christopher, 2016; Ivanov & Dolgui, 2020). En pratique, tout projet logistique déploiement d'un ERP, refonte d'un réseau de distribution, automatisation d'entrepôt, mise en place d'un TMS ou d'une tour de contrôle constitue un dispositif sociotechnique enchâssé dans des infrastructures physiques (transport,

entrepôts, énergie), numériques (télécoms, cloud, cybersécurité, middleware d'intégration) et organisationnelles/institutionnelles (standards, gouvernance, contrats, procédures). Le niveau de maturité, de robustesse et de coordination de ces couches conditionne directement les résultats du projet (délais, coûts, qualité/scope, adoption, niveaux de service, bénéfices réalisés).

Malgré cette importance manifeste des infrastructures comme socle de tout projet logistique, la recherche en management de projet continue de les traiter comme de simples « conditions contextuelles » (Aven, 2016), reléguées à l'arrière-plan. Il en résulte un écart entre la réalité opérationnelle et la conceptualisation académique : les infrastructures critiques sont omniprésentes dans la pratique, mais quasi invisibles dans les modèles explicatifs de performance projet.

La plupart des cadres existants abordent la performance sous l'angle des ressources internes (compétences, gouvernance, coordination, leadership), des technologies implantées (ERP, WMS, APS) ou des relations inter-organisationnelles (collaboration, intégration, partage d'information) (Lambert & Cooper, 2000). En revanche, très peu de modèles considèrent explicitement les caractéristiques infrastructurelles disponibilité, résilience, redondance, sécurité, interopérabilité comme variables centrales (Ouyang, 2014). Or, dans des chaînes d'approvisionnement de plus en plus digitales, automatisées et interconnectées, les projets logistiques deviennent profondément dépendants de systèmes d'infrastructures critiques complexes. La performance projet n'est alors plus seulement la conséquence de choix internes, mais aussi de facteurs systémiques situés hors du périmètre direct de l'organisation (Sheffi & Rice Jr, 2005).

Cette situation crée une « zone aveugle » théorique : les infrastructures critiques ne sont ni complètement maîtrisables ni totalement externalisées, ce qui place les gestionnaires devant une double contrainte (Rinaldi et al., 2001). Ils doivent planifier et exécuter leurs projets en tenant compte d'éléments sur lesquels ils exercent peu de contrôle, mais qu'ils ne peuvent ignorer. D'où la nécessité d'une théorisation qui articule

explicitement infrastructures, résilience, risques systémiques et performance projet (Ivanov & Dolgui, 2021).

La problématique spécifique de cette section s'inscrit donc dans la continuité de la problématique générale (Section 1.1) et prépare la localisation de la recherche (Section 1.3) en montrant pourquoi les infrastructures critiques constituent un déterminant encore sous-théorisé de la performance des projets de supply chain.

### **1.2.1 Infrastructure : le déterminant oublié de la performance projet**

Plusieurs mécanismes convergents expliquent pourquoi les infrastructures constituent un déterminant central, mais largement oublié, de la performance projet.

**(i)** Les interdépendances d'infrastructures et les effets en cascade.

Les infrastructures critiques sont fortement couplées : une coupure d'énergie interrompt l'automatisation et la chaîne du froid ; une panne télécom bloque la traçabilité ; une congestion portuaire se propage aux capacités routières et ferroviaires. Les travaux fondateurs sur les IC montrent que ces systèmes interdépendants transmettent et amplifient les perturbations (Ouyang, 2014; Rinaldi et al., 2001). Deux plans projet identiques, exécutés dans des enveloppes infrastructurelles différentes, produisent ainsi des trajectoires de performance dissemblables. L'environnement infrastructurel ne constitue pas un simple bruit de fond, mais une contrainte structurelle.

**(ii)** Le ripple effect dans les réseaux de supply chain.

Du point de vue supply chain, la propagation des chocs (ripple effect) à travers les réseaux est bien documentée (Craighead et al., 2007; Ivanov & Dolgui, 2020). Lorsque l'exécution d'un projet se superpose à ces dynamiques (grèves, goulots portuaires, indisponibilité de composants, incidents cyber), les paquets de travail subissent des indisponibilités de ressources, des retards et des arbitrages de périmètre qui ne proviennent pas d'un déficit de pilotage, mais de l'enveloppe infrastructurelle dans laquelle le projet évolue.

- (iii) Les prérequis infrastructurels des projets de transformation numérique.  
Les projets ERP, WMS, TMS, APS ou plateformes analytiques reposent sur des capacités TIC minimales en matière de réseaux, données, intégration et cybersécurité. Les facteurs critiques de succès des ERP mettent de longue date en avant la préparation organisationnelle et l'aptitude d'infrastructure (Gattiker & Goodhue, 2005; Somers & Nelson, 2001). En contexte d'infrastructure faible ou fragmentée, on observe davantage de défauts d'intégration, de retravail, de résistance utilisateur et de bénéfices non réalisés (Fosso Wamba et al., 2019).
- (iv) Les risques cyber-physiques et la volatilité de la performance projet.  
Les risques cyber-physiques (attaques sur plateformes logistiques ou systèmes OT, corruption de données, indisponibilités cloud) combinent contraintes réglementaires et mesures de remédiation qui modifient le chemin critique du projet (Hosseini et al., 2020). Une cyber-résilience faible (gouvernance, sauvegardes, segmentation, posture des tiers) rend la performance projet plus volatile, en augmentant la probabilité de retards, de réallocations de ressources et de révisions de scope.

En synthèse, considérer les projets de supply chain comme dépendants des infrastructures critiques permet de relier la performance projet à des propriétés mesurables de l'environnement : robustesse, redondance, rapidité de rétablissement, capacité de contournement et gouvernabilité (Ouyang, 2014; Sheffi & Rice Jr, 2005). Ces piliers sont centraux en résilience SC et IC, mais restent largement sous-spécifiés dans les modèles de performance projet.

Les mécanismes ci-dessus montrent que l'infrastructure n'est pas un décor autour du projet, mais une condition structurelle qui façonne trajectoires, risques et résultats. Pourtant, la littérature en gestion de projet demeure dominée par des approches centrées sur la planification, le management des parties prenantes, la gestion des risques «

classiques » ou l’alignement stratégique, sans intégrer pleinement la complexité infrastructurelle.

Une partie de cette omission est historique : la gestion de projet s’est construite sur des postulats d’ingénierie (WBS, chemin critique) et des théories organisationnelles internes, où l’environnement est supposé relativement stable ou contrôlable par des mécanismes de pilotage (Aven, 2016). Ces hypothèses étaient plus valides pour les projets traditionnels, basés sur des ressources principalement internes.

Or, les projets de supply chain contemporains reposent sur des infrastructures :

- Géographiquement dispersées (ports, réseaux logistiques, hubs intermodaux),
- Numériquement intégrées (API, EDI, plateformes cloud),
- Hautement automatisées (IoT, robotisation, entrepôts autonomes),
- Exposées à des risques systémiques (cyberattaques, congestions, ruptures énergétiques) (Ivanov, 2024).

Les méthodes classiques de gestion de projet ne tiennent pas compte de cette configuration. Leur focalisation sur les facteurs internes entretient une illusion de contrôle, alors que les infrastructures imposent des contraintes non négociables qui expliquent pourquoi deux projets comparables peuvent produire des performances radicalement différentes lorsqu’ils sont exécutés dans des environnements infrastructurels distincts.

Enfin, les infrastructures critiques évoluent elles-mêmes rapidement sous l’effet de la digitalisation, de la montée des cyber-risques, de l’urbanisation logistique, de la transition énergétique, de la géopolitique et du changement climatique. Cette dynamique renforce l’urgence de repenser la place des IC dans les modèles de performance projet.

### **1.2.2 Mécanismes : comment les IC se traduisent en résultats**

Les quatre voies causales décrites ci-dessus constituent la base d’un modèle intégrateur reliant infrastructures critiques et résultats des projets (Craighead et al., 2007). Pour approfondir leur portée théorique, il est nécessaire de préciser comment ces voies

affectent concrètement les indicateurs de performance (coût, délai, qualité, adoption, bénéfices réalisés). Nous explicitions quatre mécanismes causaux testables.

### 1. Voie « accès et continuité » (IC physiques).

Cette voie, ancrée dans la logistique physique, la fiabilité des réseaux et la gestion des capacités, montre que les infrastructures physiques déterminent :

- la temporalité des livraisons critiques,
- la séquence optimale des tâches,
- la productivité réelle des ressources,
- la disponibilité des sous-traitants.

La disponibilité des infrastructures de transport et d'énergie influence les fenêtres de faisabilité (livraison d'équipements, mises en service) et la productivité des ressources (déplacements de techniciens, disponibilité de prestataires). Des indicateurs tels que la fiabilité des liaisons, les temps de séjour portuaire, les indices de continuité énergétique, la capacité tampon ou le MTTR permettent de capturer ces dimensions (Craighead et al., 2007; Sheffi & Rice Jr, 2005). La performance projet devient ainsi dépendante de la dynamique des réseaux physiques qui soutiennent l'exécution.

### 2. Voie “connectivité & intégration” (IC numériques).

Les infrastructures numériques conditionnent les cycles de test, les migrations de données et l'intégration des systèmes. Latence, bande passante, intégrité des données, disponibilité des API/ESB et contrôles d'accès cadrent :

- les cycles de test d'interfaces,
- la qualité des migrations,
- les risques associés aux bascules,
- la capacité à supporter l'usage à l'échelle.

La réussite des projets ERP/WMS/TMS dépend ainsi de l'aptitude de l'infrastructure à supporter l'intégration et l'utilisation opérationnelle (Gattiker & Goodhue, 2005; Somers & Nelson, 2001). Des infrastructures numériques insuffisantes rallongent les cycles de

test, génèrent des problèmes d'intégrité de données et augmentent le risque de bascule ratée.

### 3. Voie “interdépendances et cascades” (systèmes d'IC).

Les interdépendances physiques, cyber, géographiques et logiques (Rinaldi et al., 2001) génèrent des modes de défaillance composés. Par exemple, une panne télécom (cyber) rend indisponibles les systèmes télématiques d'équipements à quai (physique), ce qui retarde les opérations d'accostage (géographique) et décale le camionnage en arrière-pays (logique). Ces cascades augmentent le risque calendrier et les variances de coûts (Ivanov & Dolgui, 2020; Ouyang, 2014).

### 4. Voie “gouvernance & coordination” (IC organisationnelles).

Les standards partagés, SLA, protocoles d'escalade et droits décisionnels entre chargeurs, 3PL, terminaux, éditeurs et intégrateurs réduisent les ambiguïtés d'interface durant le projet. Une gouvernance forte accroît la rapidité de résilience (Pettit et al., 2010) et raccourcit le cycle « incident → décision », améliorant l'adhérence au planning et la réalisation des bénéfices (Too & Weaver, 2014). La gouvernance infrastructurelle agit comme un mécanisme de réduction d'incertitude en :

- clarifiant les responsabilités,
- accélèrent les décisions,
- renforçant la réactivité face aux incidents.

Ces quatre voies constituent un cadre conceptuel cohérent permettant d'expliquer comment les infrastructures déterminent la performance projet via des mécanismes observables et théorisables.

## **1.2.3 Sélection/qualification des fournisseurs : l'angle mort de la résilience infrastructurelle**

La sélection et la qualification des fournisseurs reposent classiquement sur des critères de coût, qualité, délai, durabilité et risque. Or, les dimensions de résilience

infrastructurelle d'un partenaire sont rarement intégrées de manière explicite (Govindan et al., 2015) : accès à des nœuds alternatifs, continuité énergétique, posture de cybersécurité, gouvernance des données, maturité d'interopérabilité, etc.

Pourtant, ces attributs conditionnent :

- (i) la ponctualité des apports au projet,
- (ii) la capacité d'intégration et de test, et
- (iii) la stabilité post-bascule (Hosseini et al., 2020).

Les méthodes d'aide multicritère (AHP, ANP, TOPSIS, etc.) permettraient d'introduire des indicateurs d'infrastructures critiques temps de rétablissement, redondance de sites/liaisons, contrôles cyber alignés sur des normes (ISO), antécédents de continuité de service, diversité cloud/datacenters mais ceux-ci restent peu formalisés dans les grilles actuelles (Govindan et al., 2015). Il en résulte une myopie de sélection : des fournisseurs apparaissent équivalents selon les indicateurs classiques, tout en divergeant fortement sous stress IC, précisément lorsque les projets sont les plus vulnérables.

Les fournisseurs ne portent pas seulement des capacités opérationnelles ; ils embarquent aussi :

- des dépendances infrastructurelles,
- des contraintes logistiques,
- des vulnérabilités numériques,
- des maturités hétérogènes en gouvernance des données,
- des pratiques inégales de continuité d'activité.

La littérature récente en SCM reconnaît que la résilience est devenue un critère clé de sélection, mais l'intégration explicite de la résilience infrastructurelle reste rare (Ponomarov & Holcomb, 2009). Il en résulte un écart entre :

- la théorie, focalisée sur les critères classiques (coût/qualité/délai),



- la pratique, où les infrastructures fournisseurs conditionnent largement les risques d'exécution.

La prise en compte de la RIF (résilience infrastructurelle des fournisseurs) est donc essentielle pour expliquer les écarts de performance observés entre organisations disposant de bases fournisseurs comparables mais connaissant des trajectoires projets divergentes.

#### **1.2.4 Outils numériques : modérateurs ou amplificateurs selon l'infrastructure**

La recherche associe les capacités numériques (IoT, analytique avancée, control towers, plateformes collaboratives) à une meilleure visibilité, une plus grande réactivité et une résilience accrue (Fosso Wamba et al., 2019). Cependant, leur impact sur la performance projet est conditionnel :

- lorsque l'infrastructure est robuste, ces outils amplifient la création de valeur (meilleur sensing, coordination plus rapide, replanification data-driven) ;
- lorsque l'infrastructure est fragile, ils peuvent au contraire amplifier la fragilité (points de défaillance supplémentaires, dette d'intégration, surface d'attaque cyber accrue).

Conceptuellement, la maturité numérique agit donc comme un modérateur entre infrastructures critiques et performance projet, plutôt que comme un prédicteur autonome (Fosso Wamba et al., 2019). Les modèles de maturité numérique (par exemple, Nolan, CMMI, cadres de type Gartner) confirment que les technologies ne peuvent contribuer à la performance que lorsque les fondations infrastructurelles sont solides.

La performance projet résulte ainsi de l'interaction entre infrastructures et technologies, et non de la technologie seule.

### 1.2.5 Du contrôle interne aux déterminants externes et systémiques

Les contrôles projets classiques (périmètre, délais, coûts, risques, parties prenantes) demeurent nécessaires, mais deviennent insuffisants lorsque les propriétés de l'environnement infrastructurel fixent des bornes du possible (Too & Weaver, 2014). Ériger les IC en construction de premier rang permet de faire progresser l'état de l'art en:

- (i) intégrant des déterminants externes systémiques dans les modèles de performance;
- (ii) établissant un pont entre résilience SC et management de projet;
- (iii) ouvrant des leviers managériaux au-delà des pratiques internes : sélection fournisseurs sensible aux IC, planification conditionnée par l'infrastructure, stratégies numériques de modération.

La performance projet doit ainsi être conceptualisée comme une propriété émergente d'un système multicouche où interagissent infrastructures, technologies, organisations, fournisseurs et acteurs publics. Ce déplacement rapproche la gestion de projet de la théorie des systèmes complexes, de la résilience infrastructurelle, de la gestion de risque systémique, de l'ingénierie réseau, de la cybersécurité et de la politique d'infrastructures publiques.

### 1.2.6 Cadre conceptuel et propositions de recherche

Sur cette base, le cadre conceptuel mobilise quatre constructions principales :

- **Construction 1 Robustesse des Infrastructures Critiques (RIC)** (*variable indépendante*): Capacité des infrastructures physiques, numériques et organisationnelles supportant le projet logistique à résister, absorber et se rétablir. Dimensions: robustesse, redondance, rapidité de rétablissement, ingéniosité/contournements et gouvernabilité (Ouyang, 2014).
- **Construction 2 Performance des Projets de Supply Chain (PPSC)** (*variable dépendante*): Performance multicritères: écarts délais/coûts, conformité qualité/scope, adoption, niveaux de service, bénéfices précoces (Too & Weaver, 2014).

- **Construction 3 Résilience Infrastructurelle des Fournisseurs (RIF)** (*médiateur/levier*) : Degré selon lequel les fournisseurs sélectionnés disposent et mobilisent des infrastructures et pratiques résilientes (nœuds alternatifs, plans de continuité, contrôles cyber, capacités d'intégration) pertinentes pour l'exécution (Hosseini et al., 2020).
- **Construction 4 Maturité des Outils Numériques (MON)** (*modérateur*) : Niveau de préparation et d'usage effectif d'ERP, TMS, WMS, solutions analytiques et dispositifs de gouvernance des données au service de l'exécution et de la stabilisation (Fosso Wamba et al., 2019).

À partir de ces constructions, quatre propositions de recherche sont formulées :

- **P1 (Effet principal).**  
Une RIC plus élevée est associée à une PPSC supérieure (écarts moindres, meilleure qualité, adoption plus forte, bénéfices plus élevés), à complexité projet contrôlée, via des temps de rétablissement plus courts et moins de cascades (Rinaldi et al., 2001).
- **P2 (Médiation par le levier fournisseur).**  
La RIF médie partiellement l'effet RIC → PPSC : l'avantage ne provient pas seulement de l'infrastructure ambiante, mais aussi des fournisseurs sélectionnés et de la manière dont ils sont qualifiés sur des attributs IC (Hosseini et al., 2020).
- **P3 (Modération par le numérique).**  
La MON modère positivement la relation RIC → PPSC : en présence d'IC robustes, les outils numériques transforment mieux l'avantage infrastructurel en résultats projet (visibilité, coordination, replanification rapide). Lorsque la RIC est faible, cet effet se neutralise, voire s'inverse (dette d'intégration, exposition cyber) (Somers & Nelson, 2001).
- **P4 (Condition de frontière : interdépendances).**

La force des interdépendances d'IC (couplage énergie–TIC, port–rail, etc.) renforce la pertinence de la RIC pour expliquer la PPSC, car les cascades de défaillance deviennent plus probables et plus impactantes (Rinaldi et al., 2001).

**Indications d'opérationnalisation (pour la méthode) :**

- RIC : indices de résilience (nombre de redondances, accès à des routes/terminaux alternatifs, TTR/MTTR, SLA d'uptime, échelles de maturité de gouvernance) (Ouyang, 2014).
- RIF : audits de continuité/cyber/interopérabilité, présence de sites de secours, exercices de reprise, certifications (Hosseini et al., 2020).
- MON : échelles validées de maturité numérique/analytique et de gouvernance des données, couverture modulaire, profondeur des API (Somers & Nelson, 2001).
- PPSC : métriques PM standard (délais, coûts, qualité) complétées par les défauts post-bascule, les KPIs de service et les bénéfices précoces (Too & Weaver, 2014).
- Variables de contrôle : turbulence environnementale, complexité projet, centralité réseau, expérience technologique antérieure.

Le modèle conceptuel peut être synthétisé ainsi :

RIC → RIF → PPSC, avec MON comme modérateur de la relation RIC → PPSC et les interdépendances IC comme condition de frontière.

Ce cadre met en avant une vision systémique où :

- les infrastructures fixent les conditions de faisabilité ;
- les fournisseurs transmettent ou absorbent les risques ;
- les technologies amplifient ou modèrent les vulnérabilités ;
- la performance résulte d'interactions multi-niveaux.

Ce modèle répond directement aux limites identifiées dans 1.1 et 1.2, tout en préparant la localisation de la recherche (1.3). Il établit une base théorique solide permettant de concevoir un modèle explicatif général des projets de supply chain sous contrainte d'infrastructures.

### **1.2.7 Problématique managériale**

La question managériale ne se limite plus à « comment livrer les projets de supply chain à l'heure et au budget ? », mais devient :

**« Comment concevoir et gouverner des projets de supply chain dont la réussite demeure robuste face aux perturbations des infrastructures critiques ? »**

Concrètement, cela implique pour les organisations de :

- i. intégrer des critères de résilience IC dans la sélection et la contractualisation des fournisseurs ;
- ii. séquencer les jalons projet en fonction des fenêtres infrastructurelles (saisonnalité de capacité transport, maintenances planifiées, gels de changement SI) ;
- iii. prévoir des chemins de contingence (sites et liaisons alternatifs, systèmes de secours);
- iv. définir une stratégie numérique de modération (bascule phasée, durcissement cyber, sprints de qualité de données) congruente avec la RIC observée (Pettit et al., 2010)

Les questions de recherche suivantes en émergent logiquement:

- i. QR1 : Dans quelle mesure la robustesse des IC explique-t-elle la variance de performance des projets SC au-delà des facteurs PM traditionnels ?
- ii. QR2 : Comment la résilience infrastructurelle des fournisseurs médie-t-elle l'impact des IC sur la performance projet ?
- iii. QR3 : Dans quelles conditions la maturité numérique amplifie-t-elle (ou atténue-t-elle) l'effet des IC sur la performance ?

- iv. QR4 : Comment des interdépendances spécifiques (physiques cyber organisationnelles) structurent-elles les cascades qui affectent les paquets de travail?

La problématique managériale résulte logiquement des constats théoriques précédents :

- les projets de supply chain ne peuvent plus être pensés sans intégrer les vulnérabilités infrastructurelles ;
- les pratiques classiques de gestion doivent être complétées par des leviers systémiques ;
- la performance projet doit être conceptualisée comme dépendante de facteurs interdépendants, souvent externes.

Ce déplacement ouvre une nouvelle grammaire managériale où la sélection fournisseurs, la planification, la gouvernance numérique et l'architecture des infrastructures deviennent des leviers majeurs de la performance des projets de supply chain.

### **1.3 Localisation de la recherche**

La présente recherche se situe conceptuellement au croisement de quatre domaines complémentaires qui structurent la problématique développée dans les sections précédentes :

- (A) les infrastructures critiques,
- (B) les outils numériques de la supply chain,
- (C) la sélection/qualification des fournisseurs, et
- (D) la performance des projets de supply chain.

Cette localisation n'est pas géographique mais épistémologique : elle découle de la nature intrinsèquement interdépendante des chaînes d'approvisionnement contemporaines, où la réussite des projets dépend de plus en plus d'éléments externes, situés en dehors du périmètre direct de contrôle des organisations (Ivanov & Dolgui,

2020). Le positionnement retenu vise à articuler ces quatre dimensions, non comme des champs séparés, mais comme des composantes d'un système unique régissant la performance des projets logistiques.

- **A - infrastructures critiques : socle systémique des projets**

Les infrastructures critiques (IC) physiques (transport, entrepôts, énergie) et numériques (réseaux, TIC, cybersécurité, intégration de données) constituent le socle de support sur lequel s'exécutent les projets de supply chain. Leur état, leur disponibilité et leurs interdépendances, qu'elles soient physiques, cyber, géographiques ou logiques, génèrent des effets de cascade susceptibles d'affecter directement les délais, les coûts, la qualité, la continuité opérationnelle et l'adoption post-bascule (Ouyang, 2014).

La littérature en résilience montre que la robustesse, la redondance et la rapidité de rétablissement des IC conditionnent la continuité d'exécution et la stabilisation des livrables, constituant ainsi un déterminant structurel de la performance (Sheffi & Rice Jr, 2005). Dans le cadre du modèle conceptuel, cette dimension correspond à la construction Robustesse des Infrastructures Critiques (RIC) présentée en Section 1.2.6.

- **B - Outils numériques : leviers conditionnels d'intégration**

Les outils numériques de la supply chain (ERP, TMS, APS, CRM, plateformes analytiques) jouent un rôle central dans la visibilité, l'intégration et la coordination des flux. Toutefois, leur effet réel sur la performance des projets est conditionnel à l'aptitude de l'infrastructure : qualité des données, bande passante, interopérabilité, posture cyber ou maturité d'intégration des systèmes.

Les facteurs critiques de succès des projets ERP/WMS/TMS soulignent depuis longtemps l'importance de la préparation infrastructurelle et organisationnelle (Somers & Nelson, 2001). De même, les travaux récents sur les capacités analytiques et data démontrent que les gains de performance ne se matérialisent que lorsque les prérequis techniques et de gouvernance sont réunis (Fosso Wamba et al., 2019).

Dans notre modèle, cette dimension correspond à la construction Maturité des Outils Numériques (MON), envisagée comme variable modératrice influençant l'effet des infrastructures critiques sur la performance des projets.

- **C - Sélection et qualification des fournisseurs : médiation infrastructurelle**

Les décisions de sélection et de qualification des fournisseurs déterminent la capacité d'un projet à absorber des perturbations : continuité énergétique, redondance des sites et liaisons, alternance de nœuds logistiques, posture cyber, maturité d'interopérabilité, etc. Or, les grilles usuelles de sourcing intègrent encore peu explicitement la dimension de résilience infrastructurelle des partenaires (Govindan et al., 2015).

Pourtant, des indicateurs tels que le *time to recover*, la redondance de nœuds, les certifications de sécurité de l'information ou l'historique de continuité de service jouent un rôle déterminant dans la transmission ou l'absorption des perturbations (Sawik, 2013).

Dans ce mémoire, cette dimension correspond à la construction Résilience Infrastructurelle des Fournisseurs (RIF), jouant un rôle de médiateur dans la relation entre la robustesse des infrastructures (A) et la performance projet (D).

- **D - Performance des projets de supply chain : résultats multicritères**

La performance des projets de supply chain est appréhendée de manière multicritère : respect des délais et des coûts, conformité qualité/scope, adoption par les utilisateurs, niveaux de service et bénéfices précoces. Cette performance est gouvernée par des mécanismes organisationnels (droits décisionnels, cadres de gouvernance, protocoles d'escalade) et constitue la variable résultante du modèle (Too & Weaver, 2014).

Elle correspond à la construction Performance des Projets de Supply Chain (PPSC) définie en 1.2.6.

### **1.3.1 Localisation conceptuelle et logique contributive**



Le positionnement le plus pertinent de cette recherche repose donc sur une articulation intégrée des trois premières dimensions (A, B, C) pour expliquer la quatrième (D). Concrètement, le modèle explicatif proposé avance que :

- la robustesse des infrastructures critiques (A) influence directement la performance des projets (D),
- cet effet passe en partie par la résilience infrastructurelle des fournisseurs (C, médiation),
- et il est amplifié ou atténué selon la maturité des outils numériques (B, modération).

Ce croisement conceptuel répond à l'appel de la littérature à relier, dans un cadre unifié, les ressources tangibles (infrastructures), les ressources immatérielles (outils numériques, données) et les mécanismes organisationnels (gouvernance, sourcing) dans l'évaluation de la performance des projets logistiques (Ivanov & Dolgui, 2020).

La Figure 1 illustre cette localisation conceptuelle en représentant A, B et C comme des déterminants conjoints de D, au cœur d'un système interdépendant.

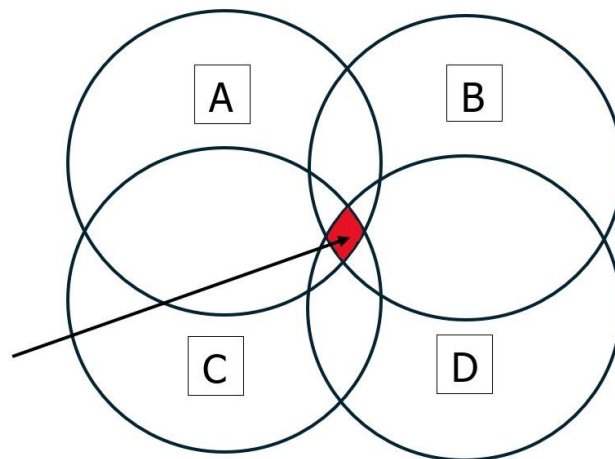


Figure 11: Localisation de la recherche

### **1.3.2 Lien avec les questions de recherche**

Ce positionnement conceptuel aligne directement les quatre questions de recherche présentées en Section 1.4 :

- RQ1 - Comment caractériser les typologies et propriétés des infrastructures critiques (IC) pertinentes pour les projets de supply chain ?
- RQ2 - Dans quelles conditions les outils numériques interagissent-ils avec les infrastructures critiques pour influencer la performance projet ?
- RQ3 - Comment la résilience infrastructurelle des fournisseurs peut-elle être intégrée dans les pratiques de sélection et de qualification ?
- RQ4 - Comment concevoir un modèle intégrateur reliant IC, outils numériques, résilience fournisseur et performance projet ?

La localisation conceptuelle présentée ici constitue ainsi une charnière logique entre la problématique (1.1-1.2) et les objectifs/questions de recherche (1.4), assurant la cohérence globale du chapitre.

## **1.4 Objectifs et questions de recherche**

L'objectif de cette section est de présenter le cadre conceptuel qui structure le mémoire, puis d'exposer les objectifs et les questions de recherche qui en découlent. Le cadre conceptuel proposé s'appuie sur la localisation théorique précisée en Section 1.3 : la performance des projets de supply chain (D) est influencée par la robustesse des infrastructures critiques (A), un effet qui est modéré par la maturité des outils numériques (B) et médié/activé par la résilience infrastructurelle des fournisseurs (C).

Ce cadre conceptuel vise à unifier trois champs encore trop souvent fragmentés :

- la littérature sur les infrastructures critiques et les risques systémiques (Ouyang, 2014; Sheffi & Rice Jr, 2005)
- les travaux en systèmes d'information et transformation numérique (Fosso Wamba et al., 2019; Somers & Nelson, 2001)
- et les apports du management de projet et de la gouvernance (Too & Weaver, 2014)

La littérature montre que la performance des projets logistiques dépend simultanément :

1. de la robustesse des infrastructures (robustesse, redondance, rapidité de rétablissement, gestion des interdépendances),
2. de l'aptitude des outils numériques à supporter l'intégration et la coordination,
3. et de la capacité de la base fournisseurs à absorber ou transmettre les perturbations.

Pourtant, peu de travaux articulent ces dimensions dans un cadre unifié centré sur le projet, alors même que les projets de supply chain impliquent des environnements hybrides, fortement couplés, où infrastructures, technologies et partenaires forment un système unique. C'est cette lacune que le présent cadre conceptuel cherche à combler.

#### **1.4.1 Cadre conceptuel du mémoire**

Le cadre conceptuel proposé (Figure 12) se structure autour de quatre constructions principales, déjà introduites dans les sections 1.2 et 1.3 :

- A - Robustesse des infrastructures critiques (RIC) : variable indépendante.
- B - Maturité des outils numériques (MON) : variable modératrice.
- C - Résilience infrastructurelle des fournisseurs (RIF) : variable médiatrice / levier.
- D - Performance des projets de supply chain (PPSC) : variable dépendante / résultante.

L'hypothèse directrice est la suivante :

La robustesse des infrastructures critiques influence la performance des projets de supply chain, un effet modulé par la maturité numérique et transmis/activé par la résilience infrastructurelle des fournisseurs.

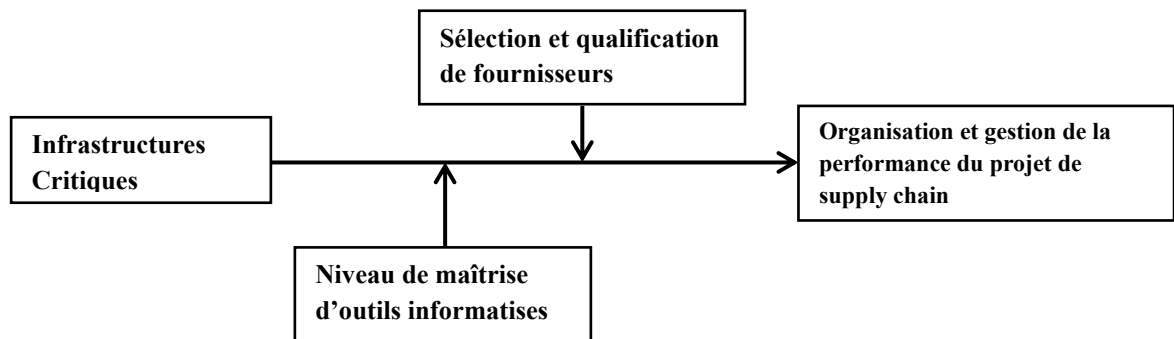


Figure 12 Cadre conceptuel

Le cadre conceptuel de ce mémoire adopte une approche systémique de la performance des projets de supply chain, en considérant celle-ci comme le résultat d'interactions entre infrastructures, technologies et acteurs. Il postule que la robustesse des infrastructures critiques (RIC), qu'elles soient physiques, numériques ou organisationnelles, constitue le déterminant structurel central de la performance des projets de supply chain (PPSC).

Cet effet est partiellement médié par la résilience infrastructurelle des fournisseurs (RIF), qui conditionne la capacité du projet à absorber et à gérer les perturbations, et il est modulé par la maturité des outils numériques (MON), laquelle influence la transformation des capacités infrastructurelles en résultats opérationnels. Le modèle met ainsi en évidence une relation intégrée dans laquelle les infrastructures définissent les conditions de faisabilité des projets, les fournisseurs transmettent ou atténuent les risques, et les outils numériques amplifient ou limitent la performance projet selon le niveau de robustesse infrastructurelle.

### 1.4.2 Objectifs et questions de recherche

À partir de ce cadre conceptuel, quatre ensembles d'objectifs et de questions de recherche sont formulés. Ils reprennent chaque composante du modèle A - D et visent à en préciser les mécanismes, les indicateurs et les implications.

**Tableau 1 : Objectif de l'étude et questions de recherche**

| Objectifs de l'étude                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Questions de recherches                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Infrastructures critiques</b></p> <p>Objectif A : Identifier et opérationnaliser les composantes des infrastructures critiques (énergie, transport, TIC, data centers, sécurité/cyber) qui conditionnent la réussite des projets de supply chain, ainsi que leurs métriques de robustesse et de résilience.</p> | <p><b>QR A.1</b> : Quels sous-secteurs d'infrastructures sont déterminants selon le type de projet SC (ERP, entrepôt, réseau de distribution, etc.) ?</p> <p><b>QR A.2</b> : Quelles dimensions d'évaluation (disponibilité, redondance, interopérabilité, sécurité, scalabilité) permettent d'apprécier leur aptitude aux projets ?</p> <p><b>QR A.3</b> : Comment mesurer l'interdépendance projet–infrastructure et les risques corrélés (pannes, cyberattaques, congestion) ?</p> <p><b>QR A.4</b> : Quels facteurs de contingence (complexité/criticité du projet) modèrent la relation infrastructures → performance projet ?</p> |
| <p><b>Outils numériques</b></p> <p>Objectif B : Analyser le rôle des systèmes (ERP, TMS, APS, WMS, CRM, etc.) comme leviers de performance en interaction avec l'état des infrastructures critiques.</p>                                                                                                              | <p><b>QR B.1</b> : Quelles configurations technologiques (on-premise, cloud, edge) sont les plus adaptées sous contraintes d'infrastructure variées ?</p> <p><b>QR B.2</b> : Par quels mécanismes (intégration, visibilité temps réel, analytique, automatisation) l'infrastructure se traduit-elle en gains de performance projet ?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                       | <p><b>QR B.3</b> : Quels risques de désalignement (latence réseau, sécurité, interopérabilité) dégradent l'efficacité des outils numériques ?</p> <p><b>QR B.4</b> : Quel est l'effet modérateur de la maturité numérique de l'organisation sur le lien infrastructures → performance ?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p><b>Sélection/qualification des fournisseurs</b></p> <p>Objectif C : Intégrer des critères de résilience infrastructurelle dans les processus de sélection et de qualification des fournisseurs, et établir leur poids relatif.</p> | <p><b>QR C.1</b> : Quels critères/indicateurs (plan de continuité, reprise après sinistre, cybersécurité, capacité de basculement, conformité) doivent figurer dans la qualification?</p> <p><b>QR C.2</b> : Comment pondérer ces critères par rapport au triptyque coût/qualité/délai dans les décisions d'attribution ?</p> <p><b>QR C.3</b> : Quelles méthodes (audits, certifications, stress-tests, preuves d'intégration SI) sont pertinentes pour évaluer la résilience infrastructurelle des fournisseurs ?</p> <p><b>QR C.4</b> : En quoi l'hétérogénéité de la base fournisseurs (multi-sourcing, near/far-shoring) influence-t-elle la performance des projets ?</p> |
| <p><b>Performance des projets de SC</b></p> <p>Objectif D : Construire un modèle explicatif intégrateur reliant A - C aux dimensions de performance des projets (coût, délai, qualité, portée, valeur,</p>                            | <p><b>QR D.1</b> : Quelles dimensions et métriques de performance projet sont les plus pertinentes pour des projets SC ?</p> <p><b>QR D.2</b> : Quels liens causaux (effets directs/indirects, variables modératrices/</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>résilience) et aux mécanismes de gouvernance.</p> | <p>médiatrices) structurent le modèle intégrateur ?</p> <p><b>QR D.3</b> : Comment opérationnaliser les variables (indicateurs, échelles, sources de données) pour une future validation ?</p> <p><b>QR D.4</b> : Quelles implications managériales pour la gouvernance et le pilotage des projets (rôles, processus, décisions d'investissement) ?</p> |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Pour assurer la cohérence entre les objectifs de l'étude, les questions de recherche et le cadre conceptuel proposé, il est nécessaire de formaliser les relations à tester empiriquement. Les hypothèses suivantes découlent directement des fondements théoriques exposés dans le chapitre 2 ainsi que des questions de recherche présentées au Tableau 1. Elles précisent la manière dont les infrastructures critiques, les outils numériques, la qualification des fournisseurs, la complexité du réseau et la visibilité informationnelle interagissent pour influencer la performance des projets de supply chain.

Le Tableau 2 synthétise ces hypothèses et constitue la base de la modélisation empirique.

**Tableau 2: Hypothèses de recherche**

| Code      | Hypothèse de recherche                                                                                                                 | Lien avec les questions de recherche du Tableau 1                                               |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>H1</b> | La qualité et la disponibilité des infrastructures critiques sont positivement associées à la performance des projets de supply chain. | RQ1 : Quels effets les infrastructures critiques exercent-elles sur la performance des projets? |

|            |                                                                                                                                              |                                                                                                 |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>H2</b>  | Le degré d'adoption/intégration des outils numériques est positivement associé à la visibilité et à la qualité des données.                  | RQ2 : Comment les outils numériques influencent-ils la visibilité des données?                  |
| <b>H3</b>  | La visibilité des données médiatise la relation entre les outils numériques et la performance des projets.                                   | RQ3 : Quel est le rôle de la visibilité dans l'impact des outils numériques sur la performance? |
| <b>H4a</b> | Une complexité statique élevée (taille réseau, diversité SKU, profondeur multi-tiers) affaiblit la relation entre visibilité et performance. | RQ4 : Comment la complexité statique modère-t-elle la relation visibilité → performance?        |
| <b>H4b</b> | Une complexité dynamique élevée (variabilité, bullwhip, congestion) affaiblit la relation entre visibilité et performance.                   | RQ4 : Comment la complexité dynamique modère-t-elle la même relation?                           |
| <b>H5</b>  | La qualité des infrastructures critiques renforce l'effet des outils numériques sur la visibilité.                                           | RQ5 : Les infrastructures critiques modifient-elles l'impact des outils numériques?             |
| <b>H6a</b> | La qualification des fournisseurs est positivement associée à la visibilité et à la qualité des données.                                     | RQ6 : Quel rôle jouent les fournisseurs dans l'amélioration de la visibilité?                   |
| <b>H6b</b> | La qualification des fournisseurs est positivement associée à la performance des projets.                                                    | RQ6 : Quel rôle jouent les fournisseurs dans la performance des projets?                        |



|           |                                                                                                                                                    |                                                                                       |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>H7</b> | La gouvernance collaborative (CPFR, VMI, S&OP/IBP, SLA data) améliore la visibilité et la performance tout en réduisant la variabilité (bullwhip). | RQ7 : Comment les mécanismes collaboratifs influencent-ils visibilité et performance? |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|

Ces hypothèses, alignées sur les questions de recherche du Tableau 1 et ancrées dans la littérature présentée au chapitre 2, définissent le modèle explicatif qui sera testé empiriquement. Elles constituent le point de passage entre le cadre conceptuel et le chapitre méthodologique, où seront détaillés l’opérationnalisation des variables, la stratégie d’échantillonnage et les méthodes d’analyse statistique.

En résumé, la section 1.4 articule le cadre conceptuel du mémoire et le traduit en un ensemble d’objectifs et de questions de recherche et hypothèses cohérents avec la localisation conceptuelle présentée en 1.3. Le chapitre 2 poursuivra ce travail en développant l’architecture théorique détaillée du modèle intégrateur, en clarifiant les mécanismes reliant infrastructures, outils numériques, fournisseurs et performance projet.

## 1.5 Périmètre et structure de la recherche

Cette recherche examine, dans une perspective théorique, transversale et non contextualisée géographiquement, la manière dont les infrastructures critiques (A) énergie, transport, TIC/systèmes d’information, cybersécurité conditionnent la performance des projets de supply chain (D). Elle se concentre sur des projets typiques (implantation d’ERP, orchestration transport avec TMS, planification avancée via APS, automatisation/modernisation d’entrepôts, reconfiguration des réseaux de distribution) et analyse leurs interdépendances avec les outils numériques (B) et les processus de sélection/qualification des fournisseurs (C). Le périmètre est strictement académique : il s’appuie sur des publications évaluées par les pairs (2000 - 2024, anglais/français) en logistique/SCM, systèmes d’information, opérations et gestion de projet, et mobilise une revue systématique complétée par une analyse bibliométrique (VOSviewer). Sont exclus

la littérature grise (blogs, rapports non évalués), les études de cas strictement locales sans portée généralisable, ainsi que les documents commerciaux.

L'étude vise à articuler trois leviers clés autour des projets SC : (A) la robustesse infrastructurelle (robustesse, redondance, rapidité de rétablissement, gouvernance), (B) la maturité et l'usage effectif des outils numériques (ERP, TMS, APS, WMS/CRM) en contexte d'infrastructures contraignantes, et (C) la prise en compte de la résilience infrastructurelle dans la sélection des fournisseurs. L'objectif est de proposer un cadre explicatif intégrateur  $A \times B \times C \rightarrow D$  qui éclaire les mécanismes liant ces dimensions à la performance projet (délais, coûts, qualité ou scope, adoption, niveaux de service, bénéfices précoces).

Ce périmètre fait le lien avec les sections précédentes (problématique et localisation conceptuelle) et prépare les développements à venir : la revue de littérature (Chapitre 2) structurée selon A - D, la méthodologie de revue et de cartographie (Chapitre 3), puis la synthèse conduisant au modèle proposé et à ses implications managériales (Chapitre 4) avant la conclusion (Chapitre 5).

## **CHAPITRE 2 - REVUE DE LA LITTÉRATURE**

### **2.1 La Supply Chain**

La présente section vise à introduire les fondements conceptuels de la supply chain, ses principes structurants et les éléments qui influencent sa performance. Elle prépare progressivement la transition vers l'étude des infrastructures critiques (Section 2.2), en montrant que la performance d'un réseau logistique dépend non seulement de ses processus internes, mais aussi des conditions structurelles qui le supportent.

#### **2.1.1 Définition et évolution conceptuelle**

Au cours des dernières décennies, la "supply chain" (chaîne d'approvisionnement) s'est imposée comme un système organisationnel étendu qui transcende l'entreprise prise

isolément pour embrasser l'ensemble des acteurs en amont (fournisseurs, sous-traitants, prestataires) et en aval (distributeurs, clients finaux), connectés par des flux physiques, informationnels et financiers. Selon (Christopher, 2016), une chaîne d'approvisionnement est « un réseau d'organisations impliquées, à travers des relations en amont et en aval, dans des processus et activités qui produisent de la valeur sous forme de produits et services pour le client final ». Cette perspective réseau rompt avec une vision linéaire et logistique au sens strict.

(Mentzer et al., 2001) distinguent clairement la gestion de la chaîne d'approvisionnement (Supply Chain Management, SCM) de la logistique traditionnelle : la première met l'accent sur l'intégration interfonctionnelle et inter-organisationnelle (achats, production, distribution, finance, Systèmes d'Information), sur la synchronisation des décisions et sur la création de valeur à l'échelle du réseau ; la seconde, plus opérationnelle, se focalise sur la planification, l'exécution et le contrôle des flux physiques et des stocks. En pratique, le SCM articule trois couches : stratégique (conception du réseau, partenariats, gouvernance), tactique (S&OP/IBP, segmentation, politiques de stocks) et opérationnelle (ordonnancement, transport, exécution).

L'évolution récente du champ montre un basculement vers les enjeux d'agilité, de résilience et de durabilité, sous l'effet de chocs systémiques (pandémie de COVID-19, événements climatiques extrêmes, tensions géopolitiques) et de la numérisation des processus (Ivanov, 2020). La supply chain contemporaine est un système cyber physique où ERP, SCM, TMS, WMS, capteurs IoT, plateformes cloud et technologies analytiques renforcent la visibilité bout-en-bout et la prise de décision en temps (quasi) réel.

Dans ce contexte, les infrastructures critiques (énergie, télécommunications, routes/ports/aéroports, data centers) deviennent des antécédents de performance (fiabilité, continuité de service) et des modérateurs de l'effet des outils numériques : sans disponibilité et qualité d'infrastructure, la promesse informationnelle d'un ERP ou d'une SRM reste inopérante.

#### ***2.1.1.1 Frontières conceptuelles : logistique, opérations et réseau inter-organisationnel***

Afin de distinguer clairement les disciplines qui interagissent au sein des chaînes d'approvisionnement, cette section introduit les frontières entre logistique, opérations et SCM. La logistique renvoie principalement à l'exécution physique des flux ; les opérations concernent la transformation et la gestion de la capacité ; le SCM assure la coordination interfonctionnelle et inter-organisationnelle. Ensemble, ces trois composantes forment la base sur laquelle se construisent les projets de supply chain.

Les projets de supply chain (ou projets logistiques) sont des interventions temporairement structurées (ex. re-design réseau, mise en place d'un WMS, intégration d'un fournisseur stratégique) qui modifient durablement les performances de la chaîne.

#### ***2.1.1.2 Paradigmes structurants : lean, agile, leagile et "postponement"***

Les chaînes d'approvisionnement se développent aujourd'hui selon plusieurs paradigmes reconnus qui orientent la conception des réseaux, le positionnement des stocks et le pilotage de la demande. Le paradigme lean cherche avant tout l'efficience en éliminant les gaspillages et en stabilisant les processus. À l'inverse, le paradigme agile privilégie la flexibilité, la rapidité de réponse et la modularité dans les environnements instables. Les approches hybrides, qualifiées de leagile, combinent les avantages des deux en positionnant le point de découplage de manière optimale entre flux poussés et flux tirés. Enfin, le principe de postponement consiste à retarder la personnalisation finale afin de réduire les stocks inutiles et mieux répondre à la variabilité locale de la demande.

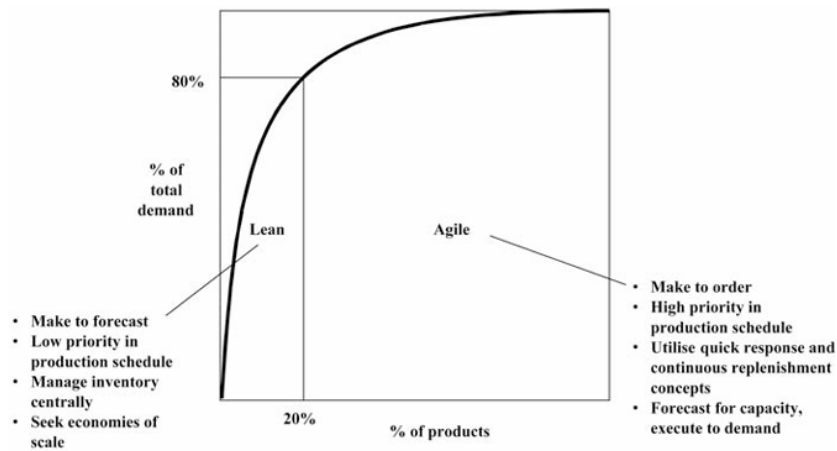


Figure 13: The Pareto distribution (Christopher & Towill, 2001)

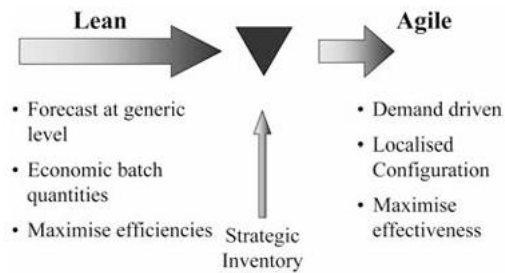


Figure 14: The decoupling point (Christopher & Towill, 2001)

Ces paradigmes se traduisent en choix structurants de projet : architecture produit (plateformes/modules), localisation des stocks (découplage), design des contrats fournisseurs, cadences de replanification.

### 2.1.1.3 Point de découplage, “push-pull” et S&OP/IBP

Le positionnement du point de découplage et la qualité des processus de planification intégrée jouent un rôle déterminant sur la performance de la chaîne. Le point de découplage indique la frontière entre les activités pilotées par prévision (push) et celles déclenchées par la demande réelle (pull). Un mauvais positionnement renforce soit le risque d’erreur de prévision, soit les coûts opérationnels.

Le S&OP/IBP offre un cadre structuré pour harmoniser les décisions entre ventes, opérations et finances, réduisant ainsi les incohérences internes et améliorant la stabilité du réseau.

#### ***2.1.1.4 Gouvernance inter-organisationnelle et partage de l'information***

La gouvernance de la supply chain repose sur la clarté des rôles, l'alignement des incitations et la qualité des mécanismes de coordination. L'efficacité d'un réseau dépend fortement de la confiance entre partenaires, du partage d'information et de la standardisation des processus. Des approches comme CPFR ou VMI réduisent l'asymétrie d'information et permettent une planification plus collaborative, mais leur succès repose sur la robustesse des données et la protection des informations sensibles.

### **2.1.2 Complexité des chaînes d'approvisionnement**

La complexité constitue aujourd'hui un déterminant majeur de la performance et de la résilience des chaînes d'approvisionnement. Elle découle à la fois de la diversité structurelle des réseaux logistiques et des dynamiques opérationnelles associées à la variabilité de la demande, aux délais de livraison et aux comportements adaptatifs des acteurs. Dans la littérature, plusieurs auteurs ont cherché à caractériser les différentes formes de complexité afin de mieux comprendre leurs effets sur la gestion des systèmes logistiques.

À cet égard, (Bozarth et al., 2009) distinguent deux grandes catégories de complexité :

- **La complexité statique**, qui renvoie à la taille et à la diversité structurelle du réseau logistique, notamment le nombre de nœuds, de gammes de produits, de composants, de fournisseurs, la profondeur des relations multi-tiers ainsi que l'hétérogénéité des règles et des modes de transport.
- **La complexité dynamique**, qui se manifeste à travers la variabilité et l'incertitude des opérations, notamment les fluctuations de la demande, les délais, les problèmes de qualité, les phénomènes non linéaires tels que les

congestions ou les files d'attente, ainsi que les mécanismes de rétroaction pouvant générer des effets d'amplification dans la chaîne logistique.

Dans le cas particulier des projets d'infrastructures, les chaînes d'approvisionnement s'inscrivent souvent dans une logique *Engineer-to-Order (ETO)*, caractérisée par la conception et la réalisation d'actifs uniques et fortement personnalisés. Contrairement aux modèles de production plus standardisés, ces systèmes évoluent dans des environnements marqués par la volatilité, l'incertitude, la complexité et l'ambiguïté (VUCA). Dans ce contexte, la performance des projets ne dépend pas uniquement de la qualité de la planification initiale, mais également de la capacité des acteurs à coordonner des processus inter organisationnels complexes tout au long du cycle de vie de l'infrastructure. Comme le soulignent (Love & Ika, 2026), les phénomènes de sous-performance observés dans les projets d'infrastructures peuvent être interprétés comme des dynamiques systémiques résultant de l'interaction entre biais cognitifs, mécanismes institutionnels et relations organisationnelles au sein de la chaîne d'approvisionnement.

#### ***2.1.2.1 Mesures opérationnelles de la complexité***

La complexité statique reflète la structure du réseau : nombre d'usines, entrepôts, fournisseurs, profondeur multi-tiers et diversité des assortiments. Elle se mesure notamment via la taille du réseau, la profondeur des tiers, la variété des SKU ou encore la centralité de certains nœuds. La complexité dynamique, quant à elle, renvoie aux fluctuations de la demande, aux variations de délais et aux phénomènes systémiques comme la congestion ou l'amplification des flux d'information. Elle se mesure par des indicateurs comme le coefficient de variation, les ratios d'amplification du bullwhip, ou le taux d'utilisation des capacités. Ces mesures permettent d'anticiper les risques et d'ajuster les paramètres des projets (stocks tampons, flexibilité, redondance).

Ces métriques permettent de lier complexité et indicateurs projet (écarts coûts ou délais, OTD, MTTR).

#### **2.1.2.2 Phénomènes clés : effet coup de fouet (*bullwhip*) et rétroactions**

L'effet coup de fouet (*bullwhip effect*) constitue l'un des phénomènes les plus emblématiques de la complexité dynamique des chaînes d'approvisionnement. Il décrit l'amplification progressive de la variabilité de la demande à mesure que l'on remonte le réseau, depuis le client final jusqu'aux fournisseurs en amont (Lee et al., 1997). Cette amplification ne résulte pas d'une mauvaise intention, mais d'un comportement rationnel de chaque acteur, qui ajuste ses commandes en fonction de prévisions locales, de tailles minimales de lots, de pratiques promotionnelles ou encore de délais d'information trop longs. Ainsi, une légère variation de la demande du client peut se traduire par des oscillations beaucoup plus importantes dans les quantités commandées aux fournisseurs de rang supérieur.

Cet effet n'est pas isolé : il s'inscrit dans un ensemble plus large de rétroactions et de dynamiques non linéaires propres aux systèmes complexes. Par exemple, les retards dans la transmission de l'information, les corrections excessives dans les réapprovisionnements ou les réactions stratégiques des concurrents créent des boucles de rétroaction qui rendent les flux instables. La combinaison de ces comportements produit des phénomènes tels que les surstocks, les ruptures et la volatilité excessive des capacités de production.

Comprendre ces boucles de rétroaction est essentiel pour concevoir des projets de supply chain robustes. Les outils traditionnels de planification montrent ici leurs limites, car ils ne capturent pas la nature systémique de ces interactions. C'est pourquoi les méthodes de simulation, notamment la simulation à événements discrets ou les jumeaux numériques, sont de plus en plus mobilisées pour tester virtuellement différentes configurations, anticiper les perturbations et analyser les impacts de décisions comme l'ajout d'un hub, la redondance des fournisseurs ou l'amélioration des infrastructures (Ivanov & Dolgui, 2020).



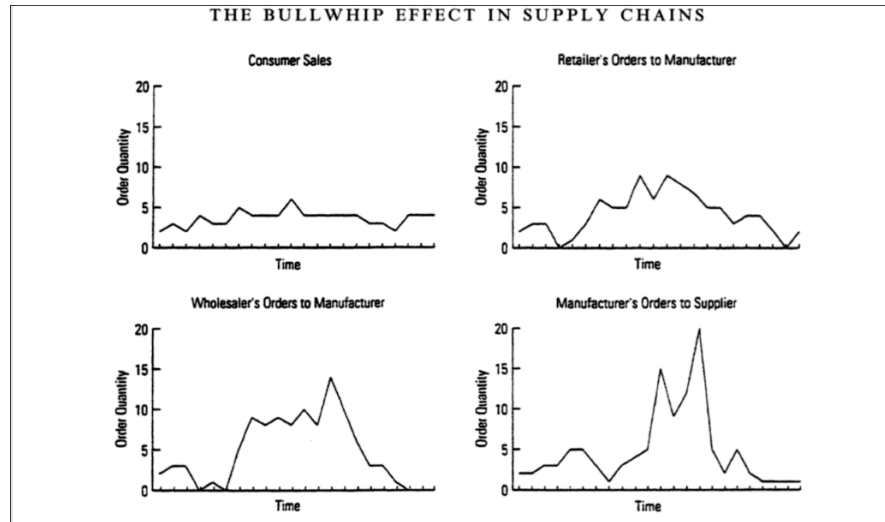


Figure 15: The bullwhip effect in supply chains (Lee et al., 1997)

### 2.1.2.3 Infrastructures critiques et visibilité multi-tiers

Les chaînes multi-tiers dépendent de manière croissante d'infrastructures critiques telles que l'électricité, les télécommunications, les systèmes informatiques et les infrastructures de transport. Une défaillance dans l'une de ces infrastructures crée des effets de propagation qui modifient immédiatement la disponibilité, les délais et la coordination des flux. Cette dépendance renforce la nécessité de disposer d'une visibilité accrue au-delà des fournisseurs directs, à travers des outils tels que les *control towers* et les plateformes de traçabilité.

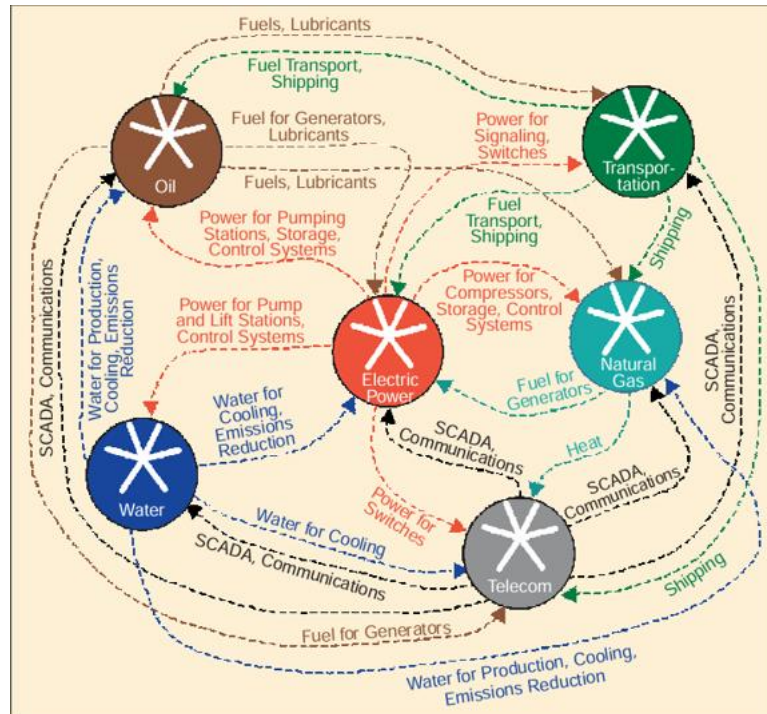


Figure 16: exemple de l'interdépendances des infrastructure critique (Rinaldi et al., 2001)

#### 2.1.2.4 Stratégies de gestion de la complexité

La gestion de la complexité mobilise différentes stratégies qui visent à stabiliser les flux, réduire la variabilité et renforcer la robustesse du réseau. La segmentation des produits et des flux permet de différencier les politiques de stock, de service et de transport selon la criticité et la volatilité. La modularité et la standardisation contribuent à réduire la variété cachée et à simplifier les processus. Les décisions de *network design*, telles que la régionalisation, la redondance de capacités ou la diversification des fournisseurs, permettent de limiter l'exposition aux perturbations majeures. Enfin, l'intégration des processus S&OP/IBP, combinée à l'usage de simulations et de jumeaux numériques, offre un cadre pour tester différents scénarios et anticiper l'impact des perturbations sur les projets.

#### 2.1.3 Performance et agilité des chaînes d'approvisionnement

La performance des chaînes d'approvisionnement ne se limite plus au traditionnel triptyque coût; délai; qualité. dans un environnement marqué par les chocs systémiques,

la volatilité de la demande et les interdépendances complexes, elle englobe désormais la fiabilité du service, la flexibilité, la visibilité, la résilience et la durabilité (Brusset & Teller, 2017). Cette évolution est guidée par la transformation numérique et par une dépendance accrue aux infrastructures critiques, qui conditionnent la capacité des organisations à anticiper, absorber et récupérer après une perturbation (Ivanov & Dolgui, 2020).

L'agilité devient ainsi une compétence centrale, définie comme la capacité d'une chaîne à détecter rapidement les signaux faibles (sensing) et à y répondre efficacement (responding) dans des contextes instables (Ghaleb & Sundram, 2024).

#### **2.1.3.1 Indicateurs clés**

Les chaînes d'approvisionnement sont traditionnellement évaluées à travers des indicateurs de service tels que l'OTD (On-Time Delivery), l'OTIF (On-Time In-Full) ou le taux de rupture, qui reflètent la qualité de l'expérience client. Les dimensions temporelles comme le *lead time* end-to-end, le temps moyen de reprise (MTTR) ou les indicateurs de résilience TTR/TTS permettent de mesurer la capacité d'absorption et de récupération après une perturbation (Ivanov & Dolgui, 2020).

Les indicateurs financiers coût logistique unitaire, cash-to-cash cycle, rotation des stocks éclairent quant à eux l'efficacité économique (Christopher, 2016). La qualité des données, mesurée par leur exactitude, complétude et latence, constitue également une dimension transversale qui influence l'ensemble des décisions de planification (Wieland & Wallenburg, 2013). Enfin, les indicateurs ESG (émissions, conformité sociale, gestion des déchets) intègrent la dimension durable de la performance (Carter & Rogers, 2008).

#### **2.1.3.2 Pourquoi la qualité des données change tout**

La qualité des données joue un rôle déterminant dans la performance, car des informations inexactes, incomplètes ou transmises trop tard entraînent des décisions erronées, des stocks inadéquats et une perte de résilience opérationnelle (Barykin et al., 2023). L'apparition d'API, d'EDI modernisés et de plateformes cloud centralisées favorise une meilleure interopérabilité entre systèmes, ce qui réduit les doublons, les erreurs

manuelles et les asymétries d'information (Ivanov & Dolgui, 2021). Une visibilité accrue améliore la synchronisation des flux, renforce la précision des prévisions et facilite l'alignement entre les partenaires.

#### ***2.1.3.3 Capacités dynamiques***

Les capacités dynamiques forment le socle conceptuel de l'agilité organisationnelle. selon (Teece, 2017), elles reposent sur trois composantes clés. La capacité de détection (sensing) permet d'identifier les signaux faibles et les risques émergents grâce à la surveillance continue des données internes et externes. La capacité de saisie (seizing) consiste à prendre rapidement des décisions éclairées, hiérarchiser les priorités et mobiliser les ressources nécessaires pour répondre aux perturbations. Enfin, la capacité de reconfiguration (reconfiguring) concerne l'ajustement dynamique du réseau reroutage des flux, substitution de fournisseurs, replanification des tâches afin de maintenir la continuité des opérations. Ces capacités ne peuvent se matérialiser efficacement qu'en présence d'infrastructures numériques robustes (ERP, APS, IoT), de routines de gestion de crise et d'une gouvernance favorisant la flexibilité (Too & Weaver, 2014)

#### ***2.1.3.4 Les compromis entre coût et risque***

La résilience n'est jamais gratuite : elle repose sur des arbitrages constants entre minimisation des coûts et réduction des risques (Ivanov & Dolgui, 2020). Le maintien de stocks tampons protège des aléas mais augmente les coûts d'inventaire. La capacité excédentaire en production ou en transport accélère la reprise après incident, mais implique une sous-utilisation potentielle.

La diversification des fournisseurs réduit la dépendance, au prix d'une complexité de coordination plus élevée (Christopher & Holweg, 2011). Enfin, la diversification géographique limite l'exposition aux risques localisés mais augmente les coûts logistiques et la complexité opérationnelle. La performance dépend donc de l'équilibre entre efficience et robustesse, adapté au niveau de risque de l'environnement.

En définitive, la résilience organisationnelle découle de la capacité du management à définir des compromis optimaux entre efficacité économique et robustesse face aux perturbations.

#### ***2.1.3.5 La collaboration entre partenaires***

La collaboration inter-organisationnelle constitue un moteur central de performance. Les approches CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment) permettent aux entreprises de synchroniser leurs prévisions, leurs plans de production et de réapprovisionnement, réduisant les incohérences et les coûts liés aux erreurs (Seifert, 2003). Le modèle VMI (Vendor Managed Inventory) confie au fournisseur la gestion du stock du client selon des règles prédéfinies, diminuant les ruptures et améliorant le taux de service (Disney & Towill, 2003). Ces pratiques renforcent la visibilité et fluidifient les flux tout en créant une relation de confiance fondée sur des données partagées. Leur succès dépend toutefois de la standardisation des formats d'échange (EDI/API), de la protection des données et d'un alignement clair des objectifs (Wieland & Wallenburg, 2013).

#### ***2.1.3.6 Durabilité et performance élargie***

La performance durable englobe des objectifs environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG), devenus incontournables pour les chaînes d'approvisionnement contemporaines (Carter & Rogers, 2008).

Les entreprises cherchent à réduire leur empreinte carbone en privilégiant des modes de transport à faible intensité énergétique, en optimisant les chargements, en limitant les trajets à vide ou en adoptant des motorisations hybrides ou électriques. L'éco-conception des emballages et l'utilisation de matériaux recyclés contribuent également à limiter l'impact environnemental. Enfin, les audits ESG et l'évaluation des fournisseurs permettent d'intégrer des critères responsables dans la sélection et la gestion des partenaires. La durabilité devient ainsi une composante structurante des performances opérationnelles, renforçant la résilience à long terme (Carter & Rogers, 2008).

En somme, la performance des chaînes d'approvisionnement résulte d'une combinaison d'agilité, de résilience, de qualité des données, de collaboration et de durabilité. ces performances dépendent fortement des outils analytiques et numériques qui soutiennent la planification, la prévision et la conception du réseau. la section suivante (2.1.4) examine ces outils analytiques et leur rôle dans le design et la gouvernance des chaînes d'approvisionnement.

#### **2.1.4 Outils analytiques et implications pour le design du réseau**

La conception, la planification et le pilotage d'une chaîne d'approvisionnement reposent de plus en plus sur des outils analytiques avancés permettant de relier décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles. Ces outils jouent un rôle central dans la transformation numérique des supply chains, car ils permettent de mieux anticiper la demande, de simuler les perturbations et d'optimiser la configuration des réseaux. Leur efficacité dépend toutefois fortement de la qualité des données disponibles et de la robustesse des infrastructures critiques, éléments qui conditionnent leur capacité à soutenir les projets de supply chain (Ivanov & Dolgui, 2020).

##### ***2.1.4.1 Segmentation (ABC/XYZ) et allocation différenciée des ressources***

La segmentation constitue l'un des fondements analytiques permettant d'adapter les politiques de stock, la fréquence des révisions et les niveaux de service. L'analyse ABC/XYZ classe les articles selon leur contribution en valeur et la variabilité de leur demande (Silver et al., 2016). Les produits à haute valeur ou forte criticité reçoivent des niveaux d'attention plus élevés, tandis que les articles à variabilité importante nécessitent des stratégies plus flexibles. Cette différenciation réduit la complexité tout en améliorant l'utilisation des ressources, soutenant ainsi les décisions de projet liées au stockage, aux capacités et à la planification.

##### ***2.1.4.2 Design du réseau : résilience, coût et infrastructures critiques***

Le *network design* vise à déterminer la localisation optimale des sites (usines, entrepôts, hubs), les modes de transport, les niveaux de stockage et la structure globale du réseau. Traditionnellement axé sur les coûts et le service, il intègre aujourd'hui des

dimensions de résilience, de robustesse infrastructurelle et de disponibilité énergétique ou numérique (Ivanov & Dolgui, 2020). La stabilité électrique, la connectivité télécom ou l'accessibilité portuaire deviennent ainsi des paramètres déterminants lors de projets d'implantation ou de reconfiguration.

De plus, les modèles récents de conception de réseaux montrent que la résilience peut être améliorée à travers la redondance sélective, la diversification géographique ou la flexibilité structurelle, afin de limiter l'impact des perturbations systémiques (Fattahi et al., 2020).

Dans cette perspective, les stratégies de régionalisation et de rapprochement des capacités opérationnelles apparaissent comme des réponses émergentes pour réduire l'exposition aux risques globaux.

#### ***2.1.4.3 Planification intégrée (S&OP/IBP)***

La planification intégrée, via les processus S&OP (Sales and Operations Planning) et IBP (Integrated Business Planning), constitue un cadre d'harmonisation des décisions de demande, de capacité, de finances et de production. Ces processus s'appuient sur une cadence périodique (mensuelle ou hebdomadaire) et une structuration claire des rôles afin de réduire les divergences entre fonctions et de renforcer la cohérence décisionnelle (Tuomikangas & Kaipia, 2014). L'efficacité du S&OP dépend étroitement de la qualité des données et de la maturité collaborative entre les acteurs du réseau, une condition indispensable à la réussite des projets de transformation.

#### ***2.1.4.4 Données, visibilité et interopérabilité***

Les systèmes d'information interopérables (API/EDI, plateformes cloud, intégrateurs middleware) permettent de réduire la latence des données, d'améliorer leur exactitude et de favoriser la synchronisation des flux. Une meilleure visibilité des stocks et des capacités réduit les incertitudes et soutient les décisions de planification, en particulier dans les environnements multi-tiers caractérisés par des asymétries d'information (Wieland & Wallenburg, 2013). Cependant, la valeur des outils analytiques dépend fortement de la disponibilité des infrastructures critiques électricité,

télécommunications, data centers dont une défaillance peut invalider l'ensemble du processus décisionnel (Rinaldi et al., 2001).

#### **2.1.4.5 *Simulation et jumeaux numériques***

Les outils de simulation et de jumeaux numériques (digital twins) permettent d'évaluer virtuellement des scénarios complexes congestion portuaire, rupture télécom, variabilité extrême de la demande avant la mise en œuvre d'un projet (Ivanov et al., 2016). Ces modèles intégrés, soutenus par l'IA et l'analytique avancée, aident les gestionnaires à tester différentes configurations du réseau, à évaluer la robustesse face aux perturbations et à identifier les arbitrages coûts résilience les plus pertinents (Ivanov, 2025). Avec l'accélération des risques systémiques, la simulation devient un outil incontournable pour la prise de décision dans les projets de supply chain.

En somme, les outils analytiques jouent un rôle crucial dans la conception, la planification et l'optimisation des chaînes d'approvisionnement. Ils permettent de relier stratégie, exécution et résilience grâce à une compréhension plus fine des flux, des capacités et des risques. La section suivante (2.1.5) propose un tableau d'opérationnalisation qui synthétise les dimensions clés de performance et leurs indicateurs, formant la base de la modélisation empirique utilisée dans la thèse.

#### **2.1.5 Tableau d'opérationnalisation**

Cette section présente une synthèse opérationnelle des principales dimensions de performance des chaînes d'approvisionnement, fondée sur la littérature et organisée selon les besoins analytiques de la thèse. Le tableau ci-dessous regroupe les indicateurs classiques de performance (Christopher, 2016), les mesures liées à la complexité structurelle et dynamique (Bozarth et al., 2009; Lee et al., 1997), les dimensions de visibilité et de qualité des données (Barykin et al., 2023; Wieland & Wallenburg, 2013), ainsi que des indicateurs de résilience largement utilisés dans les travaux contemporains (Ivanov, 2020; Ivanov & Dolgui, 2020). Il constitue un support essentiel pour l'opérationnalisation du modèle théorique et pour la construction des hypothèses empiriques.



**Tableau 3 : Dimensions de performance de la supply chain et indicateurs associés**

| <b>Dimension</b>                | <b>Indicateurs clés</b>                                                                                                                                                                                         | <b>Utilité pour le projet</b>                                                                          |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Complexité statique</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de nœuds et de liaisons</li> <li>- Nombre de tiers fournisseurs</li> <li>- Diversité des SKU</li> <li>- Centralité d'un hub</li> </ul>                          | Permet d'évaluer la fragilité structurelle du réseau d'approvisionnement (pannes, ruptures critiques). |
| <b>Complexité dynamique</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coefficient de variation de la demande / lead time</li> <li>- Effet coup de fouet (bullwhip, variance amont/aval)</li> <li>- Congestion (<math>\rho</math>)</li> </ul> | Sert à calibrer les stocks tampons, la flexibilité opérationnelle et la capacité d'adaptation.         |
| <b>Visibilité &amp; données</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Latence des flux d'information (minutes/heures)</li> <li>- Pourcentage de traçabilité end-to end</li> <li>- Taux de complétude et justesse des données</li> </ul>      | Permet d'anticiper les incidents et de réduire les décalages de planification.                         |
| <b>Service</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- OTD (on Time Delivery)</li> <li>- OTIF (On-Time In-Full)</li> <li>- Taux de rupture de stock</li> </ul>                                                                | Suit la qualité de l'expérience client et la fiabilité du service.                                     |
| <b>Temps &amp; reprise</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lead time end to end</li> <li>- MTTR (Mean Time to Recovery)</li> <li>- TTR/TTS (Time to Recover/Time to Survive)</li> </ul>                                           | Mesure la résilience et la rapidité de reprise après une perturbation.                                 |
| <b>Coûts &amp; actifs</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût logistique unitaire</li> <li>- Surcoûts d'urgence</li> <li>- Taux de rotation des stocks</li> <li>- Cash to Cash cycle</li> </ul>                                 | Suit l'efficacité économique de la supply chain.                                                       |
| <b>Durabilité</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensité carbone par unité</li> <li>- Conformité aux critères ESG</li> <li>- Gestion des déchets et emballages</li> </ul>                                             | Aligne la performance opérationnelle avec les exigences de durabilité.                                 |
| <b>Gouvernance</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Existence de CPFR/VMI</li> <li>- SLA (Service Level Agreements) liés aux données</li> <li>- Clauses de continuité dans les contrats</li> </ul>                         | Assure la coordination et la gestion proactive des risques avec les partenaires.                       |

Source : adapté de (Christopher, 2016); (Bozarth et al., 2009); (Lee et al., 1997); (Wieland & Wallenburg, 2013); (Ivanov, 2020); (Ivanov & Dolgui, 2020); (Carter & Rogers, 2008); (Barykin et al., 2023).

En résumé, ce tableau consolide les dimensions clés nécessaires à la compréhension des déterminants de performance des projets de supply chain. Il sert de

point d’ancrage à la section suivante (2.1.6), qui explicite les implications de cette revue pour la construction du modèle conceptuel et les hypothèses de recherche.

### **2.1.6 Conclusion de 2.1**

La revue reliée à la chaîne d’approvisionnement doit être appréhendée comme un système sociotechnique interdépendant, où les interactions entre infrastructures critiques, outils numériques, complexité et qualité des données déterminent directement la performance des projets. Cette perspective intégrative, ancrée dans les travaux fondateurs sur la performance logistique (Christopher, 2016), la complexité structurelle et dynamique (Bozarth et al., 2009; Lee et al., 1997), la résilience des réseaux (Ivanov, 2020; Ivanov & Dolgui, 2020) et la visibilité informationnelle (Barykin et al., 2023; Wieland & Wallenburg, 2013), fournit la base du modèle conceptuel développé dans cette thèse..

Premièrement, la qualité et la disponibilité des infrastructures critiques énergie, télécommunications, accessibilité logistique, cybersécurité exercent un effet direct sur la performance des projets de supply chain. Une rupture électrique, une défaillance télécom ou une congestion portuaire se traduit instantanément par des retards, une augmentation des coûts ou des pertes de qualité de service. Ces infrastructures jouent également un rôle de modérateurs, conditionnant l’efficacité des outils numériques, lesquels ne peuvent produire leurs effets que si les bases infrastructurelles sont stables (Ivanov & Dolgui, 2020; Rinaldi et al., 2001).

Deuxièmement, la visibilité et la qualité des données constituent un médiateur clé entre les outils numériques et la performance. Les systèmes ERP, WMS, TMS, IoT et plateformes cloud n’améliorent la performance que s’ils permettent une transmission rapide, complète et exacte de l’information (Wieland & Wallenburg, 2013). La visibilité end-to-end, la traçabilité et la latence faible conditionnent directement la capacité à anticiper les ruptures, réduire les décalages de planification et soutenir des décisions fiables (Barykin et al., 2023). Ainsi, les investissements technologiques ne produisent pas leurs bénéfices de manière automatique : ils nécessitent un socle informationnel solide.

Troisièmement, la complexité du réseau, qu'elle soit statique (taille, profondeur multi-tiers, diversité des SKU) ou dynamique (variabilité, bullwhip effect, congestion), modifie la relation entre fournisseurs, outils numériques et performance. Une chaîne très étendue ou très volatile impose des compromis structurels, notamment en matière de stocks tampons, de redondance de fournisseurs, de capacités excédentaires ou de diversification géographique, au prix d'une complexité accrue de coordination (Christopher & Holweg, 2011). Cette complexité influence donc la capacité du réseau à exploiter les données et à appliquer efficacement les outils numériques.

Quatrièmement, la gouvernance des relations et les fournisseurs jouent un rôle structurant. Les fournisseurs qualifiés (maturité numérique, faibles risques infrastructurels locaux, performance historique) contribuent à améliorer la visibilité et la résilience du réseau. Les mécanismes collaboratifs tels que CPFR ou VMI, soutenus par des SLA orientés données, favorisent une coordination stable et réduisent les asymétries d'information (Disney & Towill, 2003; Seifert, 2003).

En intégrant ces dimensions, le cadre conceptuel proposé organise la relation entre :

- Infrastructures critiques (A) : antécédent direct de la performance
- Outils numériques (B) : ressources technologiques influençant la visibilité
- Sélection et qualification des fournisseurs (C): levier de résilience et d'intégration
- Performance des projets de supply chain (D) : résultats (coût, délai, qualité, continuité)

La revue confirme ainsi l'existence de quatre mécanismes :

1. Effet direct : la robustesse des infrastructures critiques améliore directement la performance des projets.
2. Médiation : la visibilité des données explique comment les outils numériques influencent la performance.

3. Modération : la complexité du réseau atténue ou accentue l'effet de la visibilité sur la performance.
4. Interaction : la qualité des infrastructures renforce l'impact des outils numériques sur la visibilité.

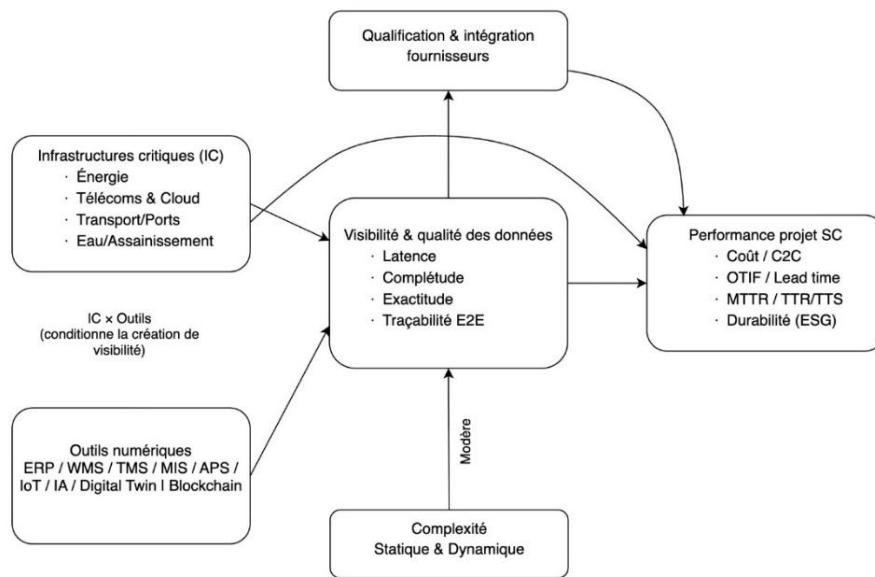


Figure 17: Modèle conceptuel intégré

source de l'auteur, d'après (Bozarth et al., 2009; Ivanov & Dolgui, 2021; Lee et al., 1997; Mentzer et al., 2001; Pettit et al., 2010; Rinaldi et al., 2001)

Ces résultats appuient la formulation des hypothèses H1 à H7 et justifient la construction d'un modèle explicatif intégrant simultanément infrastructures, outils, fournisseurs, données et complexité. Ils soutiennent également la transition vers les sections suivantes (2.2 à 2.4), qui approfondissent chacun des blocs conceptuels A,B et C de manière détaillée.

## 2.2 Infrastructures critiques

Dans la continuité de la section 2.1, qui a montré combien la performance des chaînes d'approvisionnement dépend de la complexité du réseau, de la qualité des données et des capacités dynamiques, cette section se concentre sur le premier pilier de notre cadre conceptuel : les infrastructures critiques (IC). Il s'agit d'identifier ce que recouvrent ces

infrastructures, d'en préciser le périmètre pour les projets de supply chain, puis d'analyser leurs vulnérabilités, leurs interdépendances et leur rôle dans la performance des projets.

### **2.2.1 Définition, périmètre et typologie**

Selon (Mead, 2022), les infrastructures critiques (IC) désignent l'ensemble des actifs, systèmes et réseaux qu'ils soient physiques ou numériques dont une indisponibilité ou une défaillance aurait un effet débilant sur la sécurité publique, l'économie, la santé ou la stabilité sociale et institutionnelle. Cette définition est largement adoptée dans les politiques publiques nord-américaines, à travers les seize secteurs critiques identifiés par la Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (Sectors, 2020), ainsi que dans la directive européenne sur la résilience des entités critiques (Pursiainen & Kytömaa, 2023). Elle est également reprise dans divers référentiels de gestion de la continuité et du risque, tels que ISO 22301 (Crask, 2024) management de la continuité d'activité et ISO 31000 (Hutchins, 2018) management du risque, qui constituent des cadres normalisés pour les organisations ISO, 2019/2024 ; ISO, 2018 (Crask, 2024; Hutchins, 2018).

Dans une perspective de gestion de projet, cette définition prend une dimension spécifique. Les infrastructures critiques ne représentent pas uniquement un contexte externe ou environnemental ; elles constituent des intrants déterminants pour la performance des projets. En d'autres termes, leur état et leur disponibilité conditionnent directement la réalisation des objectifs de coût, délai, qualité, service et durabilité.

Au-delà de leur définition conceptuelle, les infrastructures critiques font aujourd'hui face à des défis importants liés à leur vieillissement et à leur entretien. Plusieurs rapports institutionnels soulignent que la dégradation progressive de ces infrastructures peut compromettre la continuité des services essentiels et affecter la performance des systèmes économiques qui en dépendent.

Les infrastructures publiques constituent un élément central du fonctionnement des sociétés modernes, puisqu'elles soutiennent des services essentiels tels que le transport, l'énergie, les réseaux d'eau ou encore les infrastructures de communication. Toutefois, plusieurs études récentes mettent en évidence un vieillissement progressif de

ces actifs dans de nombreuses juridictions. Au Québec, par exemple, l'Ordre des ingénieurs du Québec souligne que la majorité des infrastructures ont été construites au cours des années 1960 et 1970 et qu'elles se dégradent aujourd'hui en raison d'un manque d'entretien accumulé au fil des décennies.

Cette situation se traduit par un déficit de maintien des actifs estimé à plus de 40 milliards de dollars, ce qui augmente les risques de défaillance et peut compromettre la continuité des services essentiels à la population (Québec, 2026). Dans ce contexte, la gestion efficace des infrastructures et leur maintien en condition opérationnelle deviennent des enjeux stratégiques pour assurer la performance des systèmes économiques et logistiques qui en dépendent.

#### ***2.2.1.1 Périmètre pour les projets de chaîne d'approvisionnement***

Dans un projet de chaîne d'approvisionnement (supply chain project), les infrastructures critiques ne doivent pas être perçues comme un arrière-plan exogène, mais comme des ressources vitales qui influencent à la fois la conception, la planification et l'exécution des opérations. Leur rôle peut être classé en trois grandes catégories :

- **Infrastructures physiques** : elles incluent les réseaux énergétiques (production, transport et distribution d'électricité, infrastructures de combustibles et pipelines), les réseaux de transport (routes, ports, chemins de fer, aéroports et voies navigables), l'eau et l'assainissement, ainsi que les infrastructures logistiques (entrepôts, hubs multimodaux, pipelines). Ces éléments sont indispensables au bon déroulement des flux physiques de marchandises, depuis l'approvisionnement en matières premières jusqu'à la distribution finale (Pursiainen & Kytömaa, 2023; Sectors, 2020).
- **Infrastructures numériques** : elles recouvrent les centres de données, les réseaux de télécommunications (backbone, accès fixe et mobile), les services Internet publics et privés, les infrastructures cloud, les systèmes de noms de domaine (DNS) et les plateformes d'échange interentreprises (EDI, API). Ces composants garantissent l'intégrité, la disponibilité et la rapidité des flux

d'information, qui sont devenus centraux dans la performance des chaînes d'approvisionnement modernes (Crask, 2024; Pursiainen & Kytömaa, 2023).

- **Infrastructures cyber-physiques ou OT (Operational Technology) :** cette catégorie regroupe les systèmes de contrôle industriel tels que les ICS/SCADA, DCS ou PLC, qui assurent l'automatisation et la sûreté des opérations (par exemple le tri mécanisé, la manutention portuaire, les convoyeurs ou la gestion technique de bâtiments). Le NIST SP 800-82 (Chaiyasoonthorn et al., 2024) fournit un cadre de référence pour ce périmètre, en détaillant les exigences de sécurité associées aux environnements OT.

Ainsi, le périmètre des infrastructures critiques dépasse la stricte sphère nationale pour englober une dimension transnationale, reflétant la nature globale et interconnectée des chaînes d'approvisionnement.

#### **2.2.1.2 Typologie d'interdépendances**

À ces catégories s'ajoute une réflexion sur les interdépendances. Les travaux fondateurs de (Rinaldi et al., 2001) distinguent quatre types de couplages : physiques, cyber, géographiques et organisationnels. Ces interdépendances peuvent être plus ou moins serrées (*tight coupling vs. loose coupling*), ce qui influence la propagation des défaillances et les marges de manœuvre managériales. Par exemple, une dépendance stricte entre une alimentation électrique et un terminal portuaire accroît la vulnérabilité systémique.

Ces apports théoriques, prolongés par (Ouyang, 2014), mettent en évidence la nécessité de comprendre non seulement chaque infrastructure de manière isolée, mais surtout leur dynamique d'interconnexion entre elles. Cela justifie l'intégration explicite des infrastructures critiques dans les modèles de performance des projets de supply chain, comme proposé dans ce mémoire.

#### **2.2.2 Vulnérabilités et interdépendances dans les projets SC**

Les infrastructures critiques, en raison de leur nature interconnectée et de leur rôle transversal, sont exposées à des vulnérabilités multiples qui affectent directement la

performance des projets de chaîne d'approvisionnement. Ces vulnérabilités ne se limitent pas à des menaces isolées: elles prennent une dimension systémique, car les infrastructures sont reliées par des dépendances fonctionnelles, technologiques, géographiques ou organisationnelles.

#### **2.2.2.1 Interdépendances et effets en cascade**

La première caractéristique majeure des infrastructures critiques réside dans leurs interdépendances. Une perturbation sur une composante, même localisée, peut générer des effets en cascade qui se propagent rapidement à d'autres systèmes. Par exemple, une défaillance d'une sous-station électrique peut entraîner des répercussions sur un terminal portuaire, lequel dépend de l'alimentation énergétique pour la manutention, puis affecter les systèmes d'information logistiques qui coordonnent les flux de transport routier.

(Rinaldi et al., 2001) proposent un cadre analytique distinguant quatre types de dépendances : physiques, lorsqu'un flux matériel ou énergétique lie directement deux infrastructures; cyber, lorsque des systèmes numériques en pilotent d'autres; géographiques, lorsque la proximité spatiale entraîne des interdépendances (par exemple un séisme touchant à la fois routes, câbles et réseaux énergétiques); et organisationnelles ou logiques, lorsque des décisions, régulations ou processus conditionnent simultanément plusieurs systèmes.

Lorsque ces interdépendances sont fortement couplées (*tight coupling*), elles augmentent la probabilité de défaillances en chaîne et réduisent les marges de manœuvre managériales. À l'inverse, des couplages plus lâches peuvent permettre une meilleure absorption des perturbations, au prix de délais et de coûts supplémentaires pour mettre en place des solutions de redondance (Ouyang, 2014).

#### **2.2.2.2 Théorie des réseaux interdépendants**

Les analyses empiriques ont été complétées par une approche théorique issue de la science des réseaux complexes. Les travaux de (Buldyrev et al., 2010), publiés dans *Nature*, démontrent que les réseaux interdépendants sont particulièrement vulnérables à des phénomènes de cascades catastrophiques. Contrairement à des réseaux isolés, où une



suppression progressive de nœuds entraîne une dégradation linéaire de la performance, les réseaux couplés présentent des seuils critiques au-delà desquels la défaillance devient brutale et systémique.

Ce constat est fondamental pour les projets supply chain : la suppression ou l'indisponibilité d'un nœud d'infrastructure (ex. : un port, un data center, un pipeline stratégique) peut provoquer un effondrement abrupt de l'ensemble du système logistique. Cela souligne l'importance de concevoir des réseaux dotés de redondances structurelles et de mécanismes de bascule, afin d'éviter que des défaillances locales ne se transforment en crises globales.

#### ***2.2.2.3 Évidence empirique : incidents récents***

Au-delà des cadres conceptuels, plusieurs événements récents illustrent la vulnérabilité des infrastructures critiques et leurs répercussions sur les chaînes d'approvisionnement. L'attaque par ransomware visant Colonial Pipeline (mai 2021) a conduit à l'arrêt temporaire de l'oléoduc et à des tensions d'approvisionnement en carburant sur la côte Est. (Goodell & Corbet, 2023)

De même, la campagne NotPetya (2017) maliciel destructeur ayant paralysé notamment Maersk, entraînant l'arrêt temporaire des systèmes de réservation/portuaires et des pertes financières substantielles ; des travaux évaluent la propagation du choc via les chaînes d'approvisionnement et ses coûts opérationnels. (Weaver et al., 2022)

Enfin, les tendances 2024 - 2025 confirment la persistance d'attaques par ransomware contre des secteurs critiques et la montée des attaques de supply chain numériques : les rapports ENISA Threat Landscape confirment la persistance du ransomware et la montée des attaques de supply chain comme menaces majeures, avec un accent sur les systèmes cyber-physiques. (Benmalek).

Ces exemples illustrent que la vulnérabilité des IC n'est pas théorique : elle se traduit par des perturbations concrètes et massives pour les projets logistiques.

#### **2.2.2.4 Vulnérabilités clés pour un projet supply chain**

À l'échelle d'un projet, les vulnérabilités des infrastructures critiques se traduisent par des risques concrets et mesurables :

- **Énergie** : dépendance à la continuité d'alimentation, vulnérabilité aux microcoupures et disponibilité des carburants. L'expérience du DOE-CESER montre que même de brèves interruptions peuvent avoir des impacts disproportionnés sur la logistique et la productivité des projets.
- **Télécommunications et Cloud** : latence excessive, pertes de paquets, bascules interrégionales non testées et dépendance à des infrastructures centralisées telles que les DNS. Le NIST 2023 (Chaiyasoonthorn et al., 2024) souligne la nécessité de tester régulièrement les capacités de reprise et de monitoring.
- **Transport et ports** : productivité des quais, temps de séjour des conteneurs (dwell time), congestion dans les points de passage critiques (checkpoints). Le World Bank CPPI (2024) propose des métriques normalisées pour mesurer ces performances.
- **Eau et assainissement** : continuité des utilités industrielles et sécurité des processus, particulièrement dans les industries de transformation. Les travaux de (Hokstad et al., 2012) insistent sur le rôle de ces infrastructures comme prérequis à la sûreté industrielle.

#### **2.2.2.5 Implications managériales**

Sur le plan managérial, ignorer les vulnérabilités des infrastructures critiques revient à surestimer la robustesse des plannings et à sous-estimer le coût réel des compromis. En pratique, cela signifie que des décisions de conception ou de planification basées uniquement sur les capacités internes (stock, main d'œuvre, outils numériques) risquent d'être invalidées par une défaillance externe.

Il est donc impératif que chaque projet de supply chain procède à une cartographie des dépendances aux infrastructures critiques, identifie les points uniques de défaillance (SPOF : Single Points of Failure) et développe des scénarios de stress test. Ces pratiques

doivent être intégrées dès la phase d'avant-projet afin de construire des plans réalistes et résilients.

### **2.2.3 Intégration des infrastructures critiques dans la performance des projets**

L'importance des infrastructures critiques dans la réussite des projets de chaîne d'approvisionnement impose de dépasser une vision purement contextuelle pour les intégrer comme variables explicatives de la performance. La littérature récente sur la résilience des chaînes d'approvisionnement montre que la performance projet mesurée en termes de coûts, délais, qualité, service (OTIF) et durabilité (ESG) est intimement conditionnée par l'état, la connectivité et la sécurité des infrastructures critiques (Pettit et al., 2010).

Deux cadres conceptuels fournissent une base solide pour opérer cette intégration. Le premier est le modèle « vulnérabilités ↔ capacités » proposé par (Pettit et al., 2010), qui relie l'exposition d'une organisation à ses dépendances (ex. : énergie, transport, télécoms) et sa capacité de résilience (redondance, flexibilité, visibilité). Le second est la notion d'effet ripple, développée par (Ivanov & Dolgui, 2021), qui décrit la propagation des perturbations le long de la chaîne et souligne le rôle des infrastructures critiques comme vecteurs ou amortisseurs de cette propagation.

Ces cadres permettent de concevoir des indicateurs et des dispositifs pratiques pour relier la « santé » des infrastructures critiques à la performance projet, en cohérence avec la logique  $A \rightarrow D$  du modèle conceptuel de cette thèse.

#### **2.2.3.1 Interactions opérationnalisables**

L'intégration des infrastructures critiques dans la performance projet peut s'analyser à trois niveaux d'interactions : fonctionnelles, temporelles et stratégiques.

##### **A. Interaction fonctionnelle : adéquation capacité besoin**

Les infrastructures critiques assurent la correspondance entre les besoins du projet et les capacités offertes par l'environnement. Par exemple, un entrepôt

automatisé interfacé en temps réel avec les systèmes ERP/WMS/TMS permet de soutenir une cadence logistique conforme aux objectifs du projet. De même, un terminal portuaire capable d'adapter ses fenêtres d'escale aux contraintes spécifiques d'un projet contribue à réduire les temps de transit. Enfin, une couverture radio/5G privée pour la gestion d'AGV (*Automated Guided Vehicles*) ou d'AMR (*Autonomous Mobile Robots*) renforce la fiabilité des opérations internes.

### **B. Interaction temporelle :** continuité et fiabilité dans l'horizon du projet

Sur le plan temporel, les infrastructures critiques influencent un projet surtout par le temps : les créneaux d'accès (*ex. fenêtres portuaires ou ferroviaires*), la latence des données (*temps pour qu'une info ERP/EDI soit disponible*), la variabilité des délais logistiques et le temps de reprise après incident (panne de courant, coupure réseau ou WMS/TMS). Ces éléments décalent les jalons, peuvent faire manquer des rendez-vous de charge ou décharge et créer des « effets domino » sur tout le réseau. Pour limiter ces impacts, on agit sur quelques leviers simples : prévoir des marges de temps et de capacité (*buffers, équipes supplémentaires*), ajuster les stocks de sécurité en tenant compte de la variabilité des délais autant que de la demande, découpler certaines étapes (postponement) pour replanifier plus vite, fixer des accords de service clairs sur la latence et le temps de rétablissement (*tests réguliers de bascule électrique ou cloud*), et intégrer ces contraintes dès la planification S&OP/IBP.

Résultat attendu : des délais plus stables, un meilleur service (OTIF), moins de surcoûts d'urgence et une résilience accrue grâce à des reprises plus rapides.

### **C. Interaction stratégique:** intégration dans les décisions de design et de gouvernance

Le rôle stratégique des infrastructures critiques apparaît dans les décisions de conception du réseau (*network design*) et dans la gouvernance des projets. Par exemple, la localisation d'usines ou d'entrepôts doit être analysée non seulement en fonction des coûts ou des marchés cibles, mais aussi selon la fiabilité énergétique

locale, l'accès portuaire ou la robustesse des télécoms. De même, les arbitrages en matière de technologies numériques (cloud multi-régions, bascules *edge computing*, choix entre API et EDI) doivent être alignés avec les besoins spécifiques du projet en termes de latence et de standardisation.

Des auteurs comme (Aljoghaiman & Ghouri, 2024; Ivanov & Dolgui, 2021) ont démontré que la résilience des projets logistiques dépend fortement de l'anticipation des vulnérabilités infrastructurelles et de leur prise en compte dans les outils de pilotage (Dashboard, digital Twins, systèmes prédictifs). Cette intégration permet non seulement de réduire les perturbations, mais aussi de renforcer la capacité des projets à s'adapter et à maintenir leur cap stratégique.

## **2.2.4 Vers une modélisation systémique de la performance**

L'enjeu scientifique majeur consiste à dépasser les approches fragmentées et à proposer des modèles intégrateurs capables d'articuler infrastructures critiques (IC), outils numériques, pratiques de gestion du risque et performance des projets de chaîne d'approvisionnement (SC). Autrement dit, il ne s'agit plus de considérer séparément les dimensions techniques, organisationnelles et institutionnelles, mais de les relier dans une approche systémique et dynamique, en ligne avec le cadre conceptuel introduit au chapitre 1.

### **2.2.4.1 Cadres de résilience et capacités organisationnelles**

(Pettit et al., 2010) proposent un cadre de résilience basé sur trois capacités fondamentales : absorption, adaptation et reprise. L'absorption désigne l'aptitude à encaisser un choc sans rupture majeure de fonctionnement; l'adaptation renvoie à la faculté de réajuster les processus et les ressources en fonction d'un nouvel environnement; la reprise correspond à la capacité de restaurer rapidement le niveau de performance initial.

Ces trois dimensions s'inscrivent directement dans la logique des infrastructures de soutien. En effet, sans continuité énergétique, fluidité logistique ou robustesse des réseaux de communication, ni absorption ni adaptation ne peuvent se concrétiser. Cette

vision rejoint le Dynamic Capabilities Framework de (Teece, 2017), selon lequel les organisations doivent savoir détecter (sensing) les menaces ou opportunités, saisir (seizing) les ressources et reconfigurer (reconfiguring) leurs actifs pour affronter l'incertitude. Les infrastructures critiques font ici partie intégrante des ressources stratégiques qu'il convient de reconfigurer pour maintenir la compétitivité et la résilience des projets SC.

#### ***2.2.4.2 De l'exogène à l'endogène : changement de paradigme***

Traditionnellement, les IC étaient perçues comme des variables exogènes, c'est-à-dire des contraintes imposées de l'extérieur et subies par les projets. Or, la multiplication des perturbations (cyberattaques, crises énergétiques, congestion portuaire, aléas climatiques) démontre qu'elles constituent en réalité des déterminants endogènes de la performance. Leur disponibilité, leur robustesse et leur interconnexion conditionnent la réussite des projets logistiques, industriels et commerciaux.

Ainsi, l'évaluation de la performance des projets SC doit intégrer des indicateurs spécifiques aux IC (disponibilité énergétique, résilience des télécoms, fluidité des transports, etc.), au même titre que les indicateurs financiers ou opérationnels.

#### ***2.2.4.3 Vers un modèle intégré de performance SC***

La modélisation systémique de la performance des projets de supply chain nécessite d'articuler, au sein d'un même cadre, les infrastructures critiques, les outils numériques, la qualification des fournisseurs, la complexité du réseau et les mécanismes de résilience. Un modèle intégré doit d'abord considérer les infrastructures critiques comme des variables stratégiques à part entière, en les intégrant dans les matrices de risques, conformément aux travaux sur la résilience des chaînes d'approvisionnement (Pettit et al., 2010). Il doit ensuite reconnaître l'interdépendance structurelle entre les systèmes numériques et les infrastructures, dans la mesure où la valeur opérationnelle d'un ERP, d'un WMS ou d'un TMS dépend directement de la fiabilité énergétique, des télécommunications, du cloud ou des environnements OT/ICS, NIST, 2023; ISO 22301, 2019/2024 (Crask, 2024).

Par ailleurs, la résilience doit être envisagée comme un objectif transversal, non pas seulement comme une capacité de reprise mais comme un levier structurel de performance durable, en cohérence avec les capacités dynamiques organisationnelles décrites par (Teece, 2017) et les mécanismes d'adaptation identifiés dans la littérature de gestion du risque ISO 31000, 2018 (Hutchins, 2018). Cela implique d'intégrer des indicateurs dynamiques tels que la latence des données, la disponibilité énergétique, le temps de reprise ou la variabilité des délais. Enfin, un modèle intégré doit permettre de relier visuellement les infrastructures critiques et les résultats projet via des tableaux de bord alignés sur la logique  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$  du cadre conceptuel, intégrant les dimensions d'infrastructures, d'outils numériques, de qualification des fournisseurs et de performance (Aljoghaiman & Ghouri, 2024).

Une telle approche offre une vision unifiée des interactions techniques, organisationnelles et opérationnelles, et constitue la base analytique nécessaire pour comprendre comment les perturbations émergent, se propagent et influencent la performance des projets de supply chain (Buldyrev et al., 2010).

#### ***2.2.4.4 Implications stratégiques***

En somme, les infrastructures critiques ne doivent plus être analysées comme un simple contexte environnemental, mais comme des facteurs intégrés, mesurables et pilotables de la performance. Leur intégration dans les pratiques de planification, d'évaluation et de suivi constitue désormais une exigence stratégique et managériale. Les organisations qui parviendront à développer de tels modèles systémiques seront mieux armées pour anticiper, absorber et transformer les crises en opportunités de reconfiguration compétitive.

### **2.2.5 Les infrastructures critiques comme déterminant structurel de la performance des projets**

La littérature en gestion de projet et en supply chain a longtemps considéré les infrastructures critiques comme un élément de contexte relativement stable, relevant principalement de décisions macroéconomiques ou institutionnelles. Toutefois, les

travaux récents montrent que cette vision est de moins en moins tenable dans un environnement caractérisé par une forte incertitude, une intensification des interdépendances et une fréquence accrue des perturbations systémiques (Aven, 2016; Ivanov, 2024).

Les infrastructures critiques doivent désormais être appréhendées comme un déterminant structurel de la performance des projets de supply chain. En effet, elles définissent les conditions de faisabilité des projets en imposant des contraintes non négociables sur les délais, les coûts, la qualité et la continuité des opérations. Contrairement aux facteurs internes de gestion de projet, les infrastructures critiques échappent en grande partie au contrôle direct des équipes projet, tout en conditionnant fortement leurs marges de manœuvre (Too & Weaver, 2014).

Dans le cadre des projets de supply chain, cette dépendance est particulièrement marquée. La mise en œuvre d'un ERP, l'automatisation d'un entrepôt, la reconfiguration d'un réseau de distribution ou l'implantation d'une tour de contrôle logistique reposent implicitement sur la disponibilité des infrastructures de transport, d'énergie et de télécommunications. Une défaillance infrastructurelle peut ainsi affecter simultanément plusieurs paquets de travail, modifier le chemin critique et engendrer des retards ou des surcoûts indépendamment de la qualité du pilotage interne (Kerzner & Saladis, 2017).

Cette perspective conduit à dépasser une vision instrumentale de la performance projet pour adopter une approche systémique, dans laquelle la performance résulte de l'interaction entre les capacités internes de gestion et les propriétés structurelles de l'environnement infrastructurel. Les infrastructures critiques ne constituent donc pas un simple arrière-plan, mais un facteur explicatif central des écarts de performance observés entre projets comparables exécutés dans des contextes différents.

### **2.2.6 Robustesse, résilience et gouvernabilité des infrastructures critiques**

La littérature distingue plusieurs propriétés clés permettant d'analyser l'impact des infrastructures critiques sur la performance des systèmes complexes. Parmi celles-ci, la



robustesse, la résilience et la gouvernabilité occupent une place centrale (Ouyang, 2014; Sheffi & Rice Jr, 2005).

La robustesse renvoie à la capacité des infrastructures à maintenir leur fonctionnement face à des perturbations modérées, sans dégradation significative de leurs performances. Elle repose notamment sur la qualité des actifs, la redondance des capacités et la fiabilité des réseaux. Dans un contexte de supply chain, une infrastructure robuste permet de limiter la propagation initiale des chocs et de réduire la variabilité des délais et des coûts projet (Craighead et al., 2007).

La résilience, quant à elle, dépasse la simple résistance aux chocs pour intégrer la capacité de récupération après une perturbation. Elle inclut la rapidité de rétablissement, la capacité de contournement et l'adaptabilité des systèmes. Les travaux en résilience logistique montrent que la rapidité de retour à un niveau de service acceptable constitue un déterminant clé de la performance globale, notamment dans des environnements soumis à des perturbations récurrentes (Pettit et al., 2010).

Enfin, la gouvernabilité des infrastructures critiques renvoie à la capacité des acteurs à coordonner, piloter et arbitrer les décisions en situation de crise. Elle dépend de la clarté des responsabilités, des protocoles d'escalade, des cadres contractuels et de la coordination entre acteurs publics et privés (Rinaldi et al., 2001). Une gouvernance infrastructurelle défaillante peut prolonger les interruptions et accroître l'incertitude, affectant directement la performance des projets.

Ces trois dimensions constituent les fondements conceptuels de la notion de robustesse des infrastructures critiques, mobilisée dans ce mémoire comme variable explicative de la performance des projets de supply chain.

### **2.2.7 Implications des infrastructures critiques pour les projets de supply chain**

L'intégration des infrastructures critiques dans l'analyse des projets de supply chain permet de mieux comprendre pourquoi les approches classiques de gestion de projet

atteignent parfois leurs limites. Les méthodes traditionnelles, centrées sur la planification, le contrôle des coûts et la gestion des risques internes, reposent sur l'hypothèse implicite d'un environnement relativement maîtrisable (Aven, 2016). Or, cette hypothèse est de plus en plus fragilisée par la dépendance accrue aux infrastructures critiques.

Les projets de supply chain s'inscrivent dans des environnements fortement couplés, où une perturbation infrastructurelle peut affecter simultanément plusieurs dimensions du projet : disponibilité des ressources, synchronisation des activités, qualité des données et continuité opérationnelle. Cette situation explique pourquoi la performance projet devient plus volatile et plus sensible aux facteurs exogènes (Ivanov & Dolgui, 2020).

En conséquence, la réussite des projets de supply chain ne peut plus être évaluée uniquement à l'aune de critères internes de gestion. Elle dépend également de la capacité des organisations à anticiper les vulnérabilités infrastructurelles, à sélectionner des partenaires résilients et à adapter leurs stratégies numériques au niveau de robustesse observé. Les infrastructures critiques apparaissent ainsi comme un point d'ancrage essentiel reliant les dimensions techniques, organisationnelles et inter-organisationnelles de la performance projet.

Cette analyse justifie pleinement l'intégration explicite des infrastructures critiques dans le cadre conceptuel du mémoire et prépare l'examen des leviers complémentaires que constituent la sélection des fournisseurs (Section 2.3) et les outils numériques (Section 2.4).

### **2.2.8 Conclusion de 2.2**

En conclusion, cette section a mis en évidence que les infrastructures critiques constituent un pilier fondamental des chaînes d'approvisionnement contemporaines et un déterminant structurel de la performance des projets de supply chain. Qu'elles soient physiques, numériques ou organisationnelles, les infrastructures critiques ne peuvent plus être appréhendées comme un simple arrière-plan opérationnel, mais comme un ensemble

de systèmes interdépendants qui conditionnent directement la faisabilité, la stabilité et la trajectoire de performance des projets.

L'analyse de la littérature montre que la vulnérabilité des infrastructures critiques résulte principalement de leurs interdépendances physiques, cyber, géographiques et logiques, lesquelles favorisent la propagation des perturbations sous forme d'effets en cascade. Dans un contexte marqué par la multiplication des chocs systémiques, ces interdépendances renforcent la sensibilité des projets de supply chain aux défaillances infrastructurelles, indépendamment de la qualité du pilotage interne. La performance projet devient ainsi une propriété émergente du système global dans lequel le projet est inséré.

Les développements de cette section ont également permis de préciser les propriétés centrales des infrastructures critiques robustesse, résilience et gouvernabilité qui expliquent leur influence sur la performance des projets. Ces dimensions déterminent à la fois la capacité des systèmes à résister aux perturbations, à se rétablir rapidement et à être coordonnés efficacement en situation de crise. Elles constituent le socle conceptuel de la construction « robustesse des infrastructures critiques » (RIC) mobilisée dans le cadre conceptuel de ce mémoire.

Dans le cas des projets de supply chain, ces constats soulignent les limites des approches traditionnelles de gestion de projet, centrées sur des facteurs internes et supposant un environnement relativement maîtrisable. Les infrastructures critiques imposent des contraintes structurelles qui fixent les bornes du possible en matière de délais, de coûts, de qualité et de continuité opérationnelle. Comprendre et intégrer ces contraintes devient ainsi une condition essentielle pour expliquer les écarts de performance observés entre projets comparables.

Les développements de cette section ont également permis de préciser les propriétés centrales des infrastructures critiques robustesse, résilience et gouvernabilité qui expliquent leur influence sur la performance des projets. Ces dimensions déterminent

à la fois la capacité des systèmes à résister aux perturbations, à se rétablir rapidement et à être coordonnés efficacement en situation de crise. Elles constituent le socle conceptuel de la construction « robustesse des infrastructures critiques » (RIC) mobilisée dans le cadre conceptuel de ce mémoire.

Dans le cas des projets de supply chain, ces constats soulignent les limites des approches traditionnelles de gestion de projet, centrées sur des facteurs internes et supposant un environnement relativement maîtrisable. Les infrastructures critiques imposent des contraintes structurelles qui fixent les bornes du possible en matière de délais, de coûts, de qualité et de continuité opérationnelle. Comprendre et intégrer ces contraintes devient ainsi une condition essentielle pour expliquer les écarts de performance observés entre projets comparables.

## **2.3 Sélection et qualification des fournisseurs**

La sélection et la qualification des fournisseurs constituent un pilier central de la performance des projets de supply chain. À l’instar des infrastructures critiques et des outils numériques présentés précédemment, les fournisseurs jouent un rôle déterminant dans la continuité des flux, la qualité des opérations et la résilience globale du réseau. Leur évaluation ne peut plus se limiter à des critères classiques : elle doit désormais intégrer la complexité croissante des chaînes globales, les interdépendances infrastructurelles et l’environnement numérique dans lequel évoluent les acteurs. La présente section clarifie ces dimensions, les développe et établit leur lien direct avec la performance des projets.

### **2.3.1 Fondements théoriques et approches classiques**

La sélection des fournisseurs constitue une étape stratégique de la gestion de la supply chain, car elle influence directement la qualité, la continuité, le coût et la performance globale des opérations (Chopra & Sodhi, 2014). Traditionnellement, les critères utilisés incluent : la capacité de production, le prix, la qualité, la ponctualité des livraisons, et la situation géographique (Dickson, 1966; Ho et al., 2010).

Cependant, ces approches se révèlent insuffisantes dans un contexte où les chaînes d’approvisionnement sont confrontées à des risques multidimensionnels géopolitiques, climatiques, technologiques, infrastructurels ainsi qu’à une dépendance accrue aux systèmes numériques. La recherche récente met donc en avant des modèles multicritères intégrant :

- la résilience du fournisseur (capacité à absorber les perturbations),
- sa maturité numérique (intégration technologique, compatibilité ERP),
- sa stabilité infrastructurelle (localisation, connectivité logistique),
- et sa fiabilité dans la gestion des risques, ISO 31000, traçabilité, conformité réglementaire (Hutchins, 2018)

Les méthodes MCDM (Multi-Criteria Decision Making) telles que ANP, TOPSIS, AHP ou BWM, combinées à des outils de pondération objectives (entropie, DEA) ou de simulation, permettent désormais d’intégrer ces dimensions de façon plus robuste (Chen, 2021; Darvazeh et al., 2022). Elles améliorent la cohérence des décisions d’achat tout en tenant compte des besoins spécifiques du projet.

### **2.3.2 Qualification et évaluation continue des fournisseurs**

La qualification des fournisseurs ne se limite pas à une évaluation ponctuelle à l’entrée. Elle repose sur un processus dynamique et continu, incluant des audits, des visites terrain, des évaluations de performance (KPI), des simulations de crise, et des certifications tierces (Johnson et al., 2024).

Dans des projets dépendant fortement des infrastructures critiques (ex. énergie, TI, transport), il est crucial d’évaluer l’environnement d’implantation des fournisseurs, leur dépendance aux infrastructures locales, leur capacité à assurer un service continu en situation de crise, et leur niveau d’intégration numérique (IS, cloud, blockchain).

Les résultats empiriques de (Cooper, 2024; Ivanov & Dolgui, 2021) démontrent que les entreprises qui adoptent des critères de sélection intégrant les risques infrastructurels présentent une meilleure performance projet et une résilience accrue face

aux perturbations majeures. Ces critères sont de plus en plus intégrés dans les tableaux de bord projet et les plateformes numériques d’approvisionnement (e-procurement, SRM – Supplier Relationship Management).

### **2.3.3 Intégration des infrastructures critiques et des outils numériques dans l’évaluation des fournisseurs**

À mesure que les chaînes d’approvisionnement deviennent plus numériques et interconnectées, les fournisseurs ne sont plus évalués uniquement sur leur performance opérationnelle passée mais sur leur préparation numérique, leur connectivité logistique, et leur capacité à fonctionner dans un environnement soumis à des dépendances infrastructurelles souvent critiques (Aljoghaiman & Ghouri, 2024).

#### ***2.3.3.1 Rôle des outils numériques dans l’intégration fournisseurs***

Les outils numériques jouent un rôle structurant dans la collaboration client–fournisseur. Les systèmes SRM, ERP, SCM, les plateformes cloud collaboratives ou encore les modules analytiques avancés permettent de :

- Synchroniser les données de planification entre clients et fournisseurs ;
- Améliorer la visibilité sur les capacités, les stocks, les délais et les incidents ;
- Automatiser l’évaluation de la performance (KPI temps réel) ;
- Intégrer des protocoles de sécurité pour éviter les fuites ou attaques sur les réseaux TI partagés.

(Cooper, 2024) démontre que les organisations ayant intégré leurs fournisseurs dans de telles plateformes bénéficient d’une meilleure anticipation des risques, d’une réduction des ruptures et d’une amélioration du suivi des vulnérabilités critiques.

Dans ce sens, les outils numériques ne sont pas qu’un support : ils deviennent un critère d’évaluation fournisseur en soi, car la capacité d’un fournisseur à être complètement intégré conditionne la qualité des flux, la visibilité et la résilience du projet.

#### ***2.3.3.2 Infrastructure critique et évaluation de la vulnérabilité***

L'environnement infrastructurel d'un fournisseur devient un vecteur majeur de risque.(Johnson et al., 2024) montrent que sa connectivité aux infrastructures locales (routes, ports, réseaux télécom, stabilité énergétique) constitue l'un des meilleurs prédicteurs de continuité de service.

Ainsi, l'évaluation fournisseur ne peut plus être monodimensionnelle : elle doit intégrer les caractéristiques internes (production, qualité, flexibilité) et les conditions systémiques externes (infrastructures, exposition géopolitique, cybersécurité). Cela implique une collaboration accrue entre les départements achats, logistique, TI, cybersécurité et gestion de projet.

#### **2.3.4 Lien entre qualification fournisseur, résilience et performance projet**

La résilience de la supply chain est définie comme la capacité à anticiper, absorber, s'adapter et récupérer face aux perturbations (Ivanov, 2021; Pettit et al., 2010). Dans cette optique, la qualification des fournisseurs constitue une barrière ou un levier majeur selon qu'elle est bien ou mal conduite.

##### ***2.3.4.1 Choix fournisseur : arbitrage entre coût et résilience***

Les organisations qui privilégient uniquement des critères de coût sont plus exposées aux ruptures et davantage vulnérables en contexte de crise. À l'inverse, celles adoptant une approche équilibrée incluant maturité numérique, flexibilité, robustesse infrastructurelle et gestion du risque obtiennent de meilleurs résultats projet, notamment en période d'incertitude (Ghaleb & Sundram, 2024; Johnson et al., 2024).

(Ivanov, 2021) montre par exemple que les chaînes approvisionnées par des fournisseurs diversifiés, localisés dans des zones moins exposées, et bien intégrés via des outils numériques présentent une capacité de reprise plus rapide et une meilleure visibilité, ce qui améliore la continuité des opérations.

##### ***2.3.4.2 Qualification dynamique et indicateurs de performance projet***

La qualification fournisseur ne doit pas être figée, mais évoluer selon :

1. les changements d'infrastructure (ex. nouvelle autoroute, instabilité énergétique) ;
2. les résultats passés (KPI qualité, délais, réclamations) ;
3. les audits de cybersécurité ou de conformité ESG ;
4. l'évolution du contexte projet (ex. nouveaux délais, nouvelles exigences clients).

Ce suivi permet de lier de manière empirique et mesurable la qualification fournisseur et la performance projet, notamment via des indicateurs tels que :

1. le taux de livraison à temps (OTD; On Time Delivery),
2. la fréquence des incidents logistiques liés aux tiers,
3. les retards dus à des ruptures de communication ou d'infrastructure,
4. la performance en matière de respect des engagements contractuels.
5. la stabilité des coûts logistiques.

Ainsi, la qualification fournisseur devient un outil stratégique de pilotage des projets SC, étroitement articulé aux infrastructures critiques et aux outils numériques présentés dans les sections précédentes.

### **2.3.5 Conclusion de 2.3**

Cette section a montré que la sélection et la qualification des fournisseurs jouent un rôle déterminant dans la performance et la résilience des chaînes d'approvisionnement, en particulier dans des environnements caractérisés par une forte incertitude et une dépendance accrue aux infrastructures critiques. Si les approches classiques du sourcing privilégient historiquement des critères tels que le coût, la qualité et le délai, la littérature récente met en évidence les limites de ces grilles d'évaluation face à des perturbations systémiques de grande ampleur.

Les travaux analysés soulignent que les fournisseurs ne se distinguent pas uniquement par leurs capacités opérationnelles, mais également par leur exposition et leur aptitude à gérer les contraintes infrastructurelles. L'accès à des nœuds logistiques



alternatifs, la continuité énergétique, la maturité en cybersécurité, la redondance des systèmes d'information ou encore la capacité de reprise après sinistre constituent autant de facteurs qui conditionnent la stabilité des projets de supply chain. Pourtant, ces dimensions de résilience infrastructurelle demeurent encore marginalement intégrées dans les processus formels de qualification des fournisseurs.

Dans le contexte des projets de supply chain, cette omission peut entraîner des conséquences significatives. Les fournisseurs sélectionnés transmettent, amplifient ou absorbent les perturbations infrastructurelles auxquelles les projets sont exposés. Ainsi, deux projets comparables peuvent produire des performances divergentes non pas en raison de différences de pilotage interne, mais en fonction de la résilience infrastructurelle de la base fournisseurs mobilisée. La sélection des fournisseurs devient alors un mécanisme de médiation entre l'environnement infrastructurel et la performance projet.

Cette section permet donc de conceptualiser la « résilience infrastructurelle des fournisseurs » (RIF) comme une variable clé reliant la robustesse des infrastructures critiques à la performance des projets de supply chain. Elle justifie l'intégration de critères de résilience infrastructurelle dans les modèles de sélection et de qualification, et éclaire le rôle stratégique des décisions de sourcing dans la gestion des risques systémiques. Ces apports soutiennent directement le cadre conceptuel du mémoire, dans lequel la RIF est envisagée comme un levier médiateur de la performance projet.

## **2.4 Outils informatisés du supply chain**

Après avoir examiné le rôle des infrastructures critiques (section 2.2) et de la sélection/qualification des fournisseurs (section 2.3), cette section s'intéresse au troisième pilier du cadre conceptuel : les outils informatisés de la supply chain. Il s'agit de comprendre comment les systèmes numériques (ERP, SCM, WMS, TMS, MIS, IoT, IA, blockchain, *digital twin*) soutiennent la performance et la résilience des projets de chaîne d'approvisionnement, en particulier dans des environnements complexes et incertains.

### **2.4.1 Rôle stratégique des outils numériques dans la chaîne d'approvisionnement**

L'évolution des chaînes d'approvisionnement au cours des deux dernières décennies a été fortement marquée par la numérisation et l'informatisation des processus logistiques. Cette transformation, souvent associée à la digitalisation des supply chain, s'inscrit dans un mouvement plus large d'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) au sein des organisations (Gunasekaran & Ngai, 2004).

Les outils numériques ne se limitent plus à une fonction de support : ils constituent désormais de véritables leviers stratégiques pour améliorer la performance, renforcer la résilience et assurer la continuité des opérations dans un contexte global marqué par l'incertitude et la complexité (Christopher, 2016). Ils agissent sur la qualité des données, la visibilité, la coordination inter-organisationnelle, et fournissent des capacités de planification, de simulation et de reconfiguration qui sont au cœur des projets de supply chain.

#### ***2.4.1.1 Évolution historique : de la planification matérielle aux systèmes intégrés***

Historiquement, la gestion de la chaîne d'approvisionnement reposait sur des méthodes traditionnelles de planification matérielle (MRP - *Material Requirements Planning*) apparues dans les années 1960. Ces premiers outils permettaient essentiellement de calculer les besoins en matières premières à partir des prévisions de production. Avec la complexification des réseaux logistiques et l'accroissement du volume des échanges mondiaux, ces systèmes se sont progressivement transformés en MRP II (*Manufacturing Resource Planning*), intégrant davantage de dimensions liées à la capacité de production et à la planification des ressources globales (Witkowski, 2017).

À partir des années 1990, l'émergence des systèmes ERP (*Enterprise Resource Planning*) a marqué un tournant majeur. En centralisant dans une base unique l'ensemble des données organisationnelles allant des achats à la finance en passant par la production, la logistique et les ressources humaines ces solutions ont permis de briser les silos fonctionnels et de favoriser une gestion intégrée. Leur développement a ouvert la voie aux

SCM (*Supply Chain Management Systems*), qui élargissent la logique d'intégration au-delà de l'entreprise elle-même, vers ses partenaires externes, fournisseurs et distributeurs (Chopra & Meindl, 2001).

Aujourd'hui, les WMS (*Warehouse Management Systems*) et TMS (*Transportation Management Systems*) viennent compléter cet écosystème technologique en optimisant respectivement la gestion des entrepôts et la planification des flux de transport. Ces outils sont essentiels pour assurer une circulation fluide et efficiente des marchandises, tout en intégrant de nouvelles contraintes telles que la durabilité environnementale, la flexibilité opérationnelle et la cybersécurité (Nguyen et al., 2022).

#### ***2.4.1.2 L'ERP comme mécanisme de coordination sous contrainte infrastructurelle***

Dans le cadre des projets de supply chain, l'ERP ne doit pas être envisagé uniquement comme un outil de centralisation des données, mais comme un mécanisme structurant de coordination organisationnelle. En intégrant les flux financiers, logistiques et informationnels, il réduit les asymétries d'information entre acteurs et facilite le pilotage transversal du projet (Christopher, 2016).

Toutefois, la contribution réelle de l'ERP à la performance projet dépend fortement de la robustesse des infrastructures critiques numériques. Une connectivité instable, des interruptions énergétiques ou une cybersécurité insuffisante peuvent compromettre la fiabilité des données et ralentir les processus décisionnels (Rinaldi et al., 2001).

De plus, l'implantation d'un ERP dans un environnement à faible maturité numérique peut générer des dérives de coûts, des retards et une résistance organisationnelle accrue, ce qui affecte directement la performance globale du projet (Ivanov & Dolgui, 2020).

Dans ce mémoire, l'ERP est ainsi conceptualisé comme une variable modératrice : son impact sur la performance projet est conditionné par la qualité des infrastructures critiques et par la capacité organisationnelle à l'intégrer efficacement, conformément aux approches systémiques de la résilience supply chain (Ivanov & Dolgui, 2021).

Cette conceptualisation permet d'intégrer l'ERP dans le modèle théorique comme facteur conditionnel, plutôt que comme simple outil technologique.

#### ***2.4.1.3 Les systèmes SCM, WMS et TMS comme instruments opérationnels dépendants de l'infrastructure***

Les systèmes SCM, WMS et TMS constituent des outils numériques spécialisés intervenant à différents niveaux de la chaîne logistique. Toutefois, dans une perspective de performance projet, leur intérêt ne réside pas uniquement dans leurs fonctionnalités techniques, mais dans leur capacité à stabiliser les flux opérationnels sous contrainte infrastructurelle.

Le SCM permet une coordination stratégique des flux et une visibilité globale sur le réseau logistique (Mentzer et al., 2001). Le WMS agit au niveau des opérations d'entreposage en optimisant la gestion des stocks et des mouvements internes, tandis que le TMS soutient la planification et le contrôle des transports.

Cependant, ces systèmes demeurent fortement dépendants des infrastructures critiques numériques et physiques. Une interruption énergétique, une défaillance du réseau ou une congestion du système de transport peut neutraliser leur efficacité opérationnelle (Rinaldi et al., 2001).

Ainsi, dans ce mémoire, les systèmes SCM, WMS et TMS sont considérés non comme des solutions autonomes de performance, mais comme des amplificateurs conditionnels dont l'impact dépend de la robustesse des infrastructures critiques et de la capacité organisationnelle à les intégrer de manière cohérente (Ivanov & Dolgui, 2020).

#### ***2.4.1.4 Apports conditionnels des outils numériques à la performance***

Les travaux récents soulignent que l'adoption des outils numériques dans les supply chains peut générer des gains mesurables en matière de performance opérationnelle. L'amélioration de la prévision de la demande, facilitée par l'analyse de données massives et l'intégration de modèles prédictifs, contribue à réduire les écarts entre planification et exécution (Nguyen et al., 2022).

De même, l'intégration de technologies telles que l'IoT et la blockchain renforce la traçabilité des flux et la sécurisation des données, éléments particulièrement critiques dans des secteurs fortement régulés (Rauniyar et al., 2024).

Toutefois, ces apports ne sont ni automatiques ni uniformes. Leur efficacité dépend de la qualité des infrastructures critiques numériques et physiques qui soutiennent ces technologies. Sans connectivité stable, capacité énergétique suffisante ou architecture de cybersécurité robuste, les bénéfices attendus peuvent être limités voire annulés (Rinaldi et al., 2001).

Par ailleurs, les plateformes collaboratives et les systèmes de partage d'information favorisent la synchronisation inter-organisationnelle et peuvent renforcer la résilience collective face aux perturbations (Yenugula et al., 2023). Néanmoins, cette collaboration numérique suppose un alignement organisationnel et une gouvernance des données adéquate.

Ainsi, dans ce mémoire, les outils numériques ne sont pas conceptualisés comme des sources directes de performance, mais comme des mécanismes conditionnels dont l'impact dépend du contexte infrastructurel et organisationnel.

#### ***2.4.1.5 Discussion critique : conditions de succès et vulnérabilités***

L'informatisation des supply chains est souvent présentée comme un levier direct d'amélioration de la performance, notamment en matière de réduction des coûts, d'optimisation des flux et de renforcement de la résilience organisationnelle. Toutefois, cette relation n'est pas linéaire.

L'implantation de systèmes numériques implique des investissements financiers importants, une reconfiguration des processus internes et une dépendance accrue à des fournisseurs technologiques. Dans des environnements où la maturité digitale est limitée, ces transformations peuvent générer des résistances organisationnelles, des retards de mise en œuvre et des dérives budgétaires.

Par ailleurs, l'interconnexion croissante des systèmes expose les organisations à des risques cybernétiques plus élevés, ce qui renforce la nécessité d'infrastructures critiques numériques robustes et sécurisées (Rinaldi et al., 2001).

Ainsi, l'efficacité des outils numériques ne peut être évaluée indépendamment du contexte infrastructurel et organisationnel dans lequel ils sont déployés. Dans le cadre d'un projet de supply chain, la performance ne dépend pas uniquement de la technologie choisie, mais de la capacité de l'organisation à l'intégrer dans une stratégie cohérente et à maîtriser les risques associés.

Cette discussion confirme que les outils numériques constituent des leviers potentiels de performance, mais que leur contribution reste conditionnée par la robustesse des infrastructures critiques et par la gouvernance du projet.

## **2.4.2 Influence des MIS et des systèmes prédictifs sur la résilience**

L'évolution rapide des technologies de l'information a profondément transformé la manière dont les entreprises conçoivent, pilotent et sécurisent leurs chaînes d'approvisionnement. Parmi les outils les plus structurants figurent les MIS (Management Information Systems), qui regroupent l'ensemble des systèmes intégrés de gestion et d'analyse de l'information destinés à soutenir la prise de décision stratégique. Ces systèmes, combinés à des outils d'analyse prédictive et à des plateformes de gestion de la performance, jouent aujourd'hui un rôle central dans le Supply Chain Risk Management (SCRM), en permettant d'anticiper les perturbations, d'évaluer les vulnérabilités et de renforcer la continuité des opérations (Gao et al., 2020).

### ***2.4.2.1 Rôle des MIS dans la visibilité décisionnelle sous contrainte infrastructurelle***

Les Management Information Systems (MIS) jouent un rôle central dans la structuration de l'information au sein des projets de supply chain. Au-delà de la simple collecte de données, ils contribuent à organiser, interpréter et diffuser des informations stratégiques nécessaires à la coordination inter-organisationnelle.

La visibilité accrue qu'ils offrent sur les flux matériels, financiers et informationnels permet aux gestionnaires de détecter plus rapidement les écarts entre planification et exécution. Cette capacité d'anticipation soutient la prise de décision et favorise une allocation plus efficiente des ressources (Gao et al., 2020).

Toutefois, cette visibilité reste conditionnée par la qualité des infrastructures critiques numériques et physiques. Des interruptions énergétiques, des défaillances réseau ou une architecture informatique fragmentée peuvent limiter la fiabilité des indicateurs et affaiblir la pertinence des décisions prises.

Ainsi, dans le cadre de ce mémoire, les MIS ne sont pas considérés comme de simples outils techniques, mais comme des dispositifs décisionnels dont l'efficacité dépend de la robustesse infrastructurelle et de la cohérence organisationnelle du projet.

#### ***2.4.2.2 L'intégration des analyses prédictives dans la gestion des risques***

L'intégration des analyses prédictives représente une évolution significative des systèmes d'information appliqués aux supply chains. En mobilisant des techniques de machine learning et d'analyse de données massives, ces systèmes permettent d'identifier des tendances émergentes et des signaux précurseurs de perturbations potentielles.

Cette capacité analytique peut améliorer la précision des prévisions de la demande, soutenir l'évaluation des risques d'approvisionnement à partir de données économiques ou géopolitiques, et faciliter l'identification de fournisseurs présentant une vulnérabilité accrue (Aljoghaiman & Ghouri, 2024).

Toutefois, l'efficacité des analyses prédictives dépend étroitement de la qualité et de la continuité des données disponibles. Dans des environnements caractérisés par des infrastructures numériques instables ou des systèmes fragmentés, les modèles prédictifs peuvent produire des résultats biaisés ou incomplets, compromettant ainsi la prise de décision.

L'étude d'(Aljoghaiman & Ghouri, 2024) montre que l'investissement dans des MIS sophistiqués peut renforcer la capacité de détection précoce des risques logistiques

et soutenir la mise en œuvre de stratégies d'atténuation. Néanmoins, ces bénéfices supposent une infrastructure robuste et une gouvernance des données cohérente.

Dans ce mémoire, les analyses prédictives sont ainsi considérées comme un mécanisme d'anticipation dont l'impact sur la performance projet reste conditionné par la qualité des infrastructures critiques et par la maturité organisationnelle.

#### ***2.4.2.3 Les MIS comme dispositifs de pilotage de la résilience***

La résilience d'une supply chain ne se limite pas à la capacité de réaction face à une perturbation ; elle suppose une aptitude à détecter précocement les vulnérabilités et à adapter les configurations organisationnelles en conséquence. Dans cette perspective, les MIS peuvent jouer un rôle structurant en facilitant la visualisation des interdépendances, la simulation de scénarios de crise et la consolidation des indicateurs de performance.

Les outils de visualisation dynamique permettent d'identifier les points de fragilité au sein des flux logistiques, tandis que les modules de simulation soutiennent l'évaluation des conséquences potentielles d'événements tels qu'une rupture d'approvisionnement ou une interruption de transport. Ces fonctionnalités contribuent à une prise de décision plus structurée et moins intuitive (Ghaleb & Sundram, 2024).

Toutefois, la capacité des MIS à renforcer la résilience demeure dépendante de la qualité des infrastructures critiques numériques et physiques. Une cartographie en temps réel n'a de valeur que si les données sont fiables et si les systèmes restent opérationnels lors des perturbations.

Dans ce mémoire, les MIS sont ainsi considérés comme des instruments de pilotage de la résilience dont l'efficacité repose sur l'intégration cohérente des technologies, la gouvernance des données et la robustesse infrastructurelle.

#### ***2.4.2.4 Études empiriques et mise en perspective critique***

Les études empiriques récentes suggèrent une association positive entre l'adoption des MIS, l'intégration d'outils prédictifs et l'amélioration de certains indicateurs de performance logistique. Par exemple, (Gao et al., 2020) observent, dans un échantillon



d'entreprises industrielles chinoises, une réduction significative des délais de réponse aux perturbations ainsi qu'une amélioration de la disponibilité produit après l'intégration de systèmes d'information avancés.

De même, (Aljoghaiman & Ghouri, 2024) mettent en évidence, dans le secteur textile saoudien, une diminution mesurable des pertes liées aux interruptions logistiques à la suite de l'implantation d'un MIS couplé à des outils prédictifs.

D'autres travaux (Nguyen et al., 2022; Yenugula et al., 2023) soulignent que la combinaison des systèmes d'information et de l'intelligence artificielle peut renforcer l'agilité organisationnelle, notamment par une capacité accrue à reconfigurer rapidement les ressources face aux perturbations.

Toutefois, ces résultats doivent être interprétés à la lumière de leurs contextes sectoriels et géographiques. Les effets observés peuvent varier en fonction de la maturité numérique des organisations et de la robustesse des infrastructures critiques soutenant ces systèmes. Ainsi, si les données empiriques indiquent une tendance favorable, elles ne permettent pas de conclure à une relation universelle et inconditionnelle entre digitalisation et performance.

Dans le cadre de ce mémoire, ces travaux empiriques sont mobilisés pour soutenir l'hypothèse selon laquelle les outils numériques peuvent contribuer à la performance des projets supply chain, mais uniquement lorsque les conditions infrastructurelles et organisationnelles sont réunies.

#### ***2.4.2.5 Défis et perspectives***

Malgré ces bénéfices, plusieurs défis demeurent : complexité technologique, coûts d'implémentation, gouvernance des données (qualité, sécurité, interopérabilité), et manque de compétences analytiques. Pour y répondre, la littérature préconise une approche progressive de l'intégration (projets pilotes, modularité, formation continue) et une gouvernance structurée des données (Ivanov & Dolgui, 2020).

En définitive, les MIS et les systèmes prédictifs apparaissent comme des catalyseurs de résilience, en soutenant les capacités d'anticipation, d'absorption et d'adaptation des projets de supply chain.

### **2.4.3 Technologies émergentes : IoT, IA, Blockchain et Digital Twin**

Les technologies émergentes (*IoT, IA, blockchain, digital twin*) prolongent et amplifient les capacités des systèmes traditionnels. Elles transforment la supply chain en système cyber-physique, capable de percevoir son environnement, d'apprendre, de simuler et d'agir de manière de plus en plus autonome (Ivanov & Dolgui, 2020).

Ces technologies Internet des objets (IoT), intelligence artificielle (IA), blockchain et jumeau numérique (Digital Twin) constituent un écosystème interconnecté qui redéfinit la performance, la visibilité et la résilience des supply chain.

#### **2.4.3.1 Internet des objets (IoT) : la donnée comme fondement de la visibilité**

L'Internet des objets repose sur l'installation de capteurs intelligents capables de collecter, transmettre et analyser en temps réel des données physiques issues du terrain : température, humidité, géolocalisation, vibration, état des équipements, ou niveau de stock. Ces informations, agrégées dans des systèmes de gestion (ERP, WMS, TMS), permettent un suivi permanent des flux logistiques (Witkowski, 2017).

L'apport de l'IoT est double :

- (i) **Amélioration de la traçabilité** : chaque produit ou palette devient traçable tout au long de son cycle de vie. Cela réduit le risque de pertes, d'erreurs ou de vols, et améliore la conformité réglementaire, notamment dans les secteurs agroalimentaire et pharmaceutique.
- (ii) **Optimisation des opérations en temps réel** : les données collectées permettent de déclencher automatiquement des actions (réapprovisionnement, maintenance préventive, ajustement de production).

Par exemple, dans la logistique portuaire, l'IoT permet de suivre les conteneurs en mer et d'anticiper les congestions à quai. Dans l'industrie pharmaceutique, il assure le maintien des conditions de température optimales (cold chain monitoring).

Selon (Rauniyar et al., 2024), les entreprises intégrant des dispositifs IoT dans leurs entrepôts et réseaux de transport ont observé une réduction de 25 % des erreurs de livraison et une amélioration de 30 % de la visibilité sur les stocks.

Cependant, l'adoption massive de l'IoT soulève des défis liés à la cybersécurité, à la gestion du volume de données et à l'interopérabilité des systèmes. Les données issues de milliers de capteurs nécessitent des infrastructures robustes (cloud computing, edge computing) et des protocoles de sécurité adaptés (NIST 800-82, ISO/IEC 27001).

#### ***2.4.3.2 Intelligence artificielle et apprentissage automatique : prédiction et adaptation***

L'intelligence artificielle (IA) et le machine Learning (ML) représentent une avancée majeure pour la planification, la prévision et la prise de décision dans les supply chain modernes. Ces technologies permettent d'exploiter des masses de données complexes et hétérogènes pour détecter des corrélations, anticiper des tendances et recommander des décisions optimales.

##### **2.4.3.2.1 Prévision de la demande et planification dynamique**

L'un des domaines les plus transformés par l'IA est la prévision de la demande. En combinant données historiques, signaux du marché, facteurs externes (climat, comportement des consommateurs, événements géopolitiques), les modèles d'apprentissage automatique produisent des prévisions beaucoup plus précises que les méthodes traditionnelles.

Les systèmes IA de planification intégrée (S&OP - Sales & Operations Planning) ajustent automatiquement les niveaux de production et de distribution en fonction de la demande anticipée, réduisant les stocks inutiles et améliorant le taux de service (Nguyen et al., 2022).

#### 2.4.3.2.2 Optimisation multicritère et détection des risques

Les algorithmes d'IA peuvent aussi optimiser simultanément plusieurs critères (coût, délai, risque, empreinte carbone). Par exemple, ils peuvent choisir le meilleur itinéraire logistique en tenant compte du trafic, du coût du carburant et du risque de congestion.

En matière de gestion des risques, l'IA identifie les maillons faibles en analysant les variations de performance des fournisseurs, les délais inhabituels ou les anomalies dans les flux. Ces signaux précoces permettent de déployer des actions correctives avant qu'une perturbation ne devienne critique (Ivanov & Dolgui, 2020).

#### 2.4.3.2.3 IA et automatisation intelligente

L'intelligence artificielle ne se limite plus à l'analyse : elle devient opérationnelle. Les robots autonomes dans les entrepôts, les véhicules guidés automatisés (AGV) et les drones d'inspection utilisent des algorithmes d'IA pour exécuter des tâches complexes sans intervention humaine.

Ces solutions permettent de réduire les erreurs humaines, d'augmenter la productivité et d'assurer la continuité des opérations même en cas de pénurie de main-d'œuvre, comme observé durant la pandémie de COVID-19 (Roman et al., 2025).

#### ***2.4.3.3 Blockchain et performance projet : un mécanisme conditionné par l'infrastructure***

Dans le cadre des projets de supply chain, la blockchain ne doit pas être analysée uniquement comme une innovation technologique visant la traçabilité. Son intérêt principal réside dans sa capacité à réduire les asymétries informationnelles entre partenaires et à limiter les litiges liés aux flux transactionnels.

Toutefois, cet effet positif n'est ni automatique ni universel. La performance d'un projet intégrant la blockchain dépend fortement de la qualité des infrastructures critiques

numériques : stabilité du réseau, cybersécurité, capacités de traitement des données et gouvernance des systèmes d'information.

En l'absence d'une infrastructure robuste, l'implantation de la blockchain peut au contraire générer des coûts supplémentaires, des retards d'intégration et une complexification des processus.

Dans ce mémoire, la blockchain est donc considérée comme une variable modératrice : elle peut renforcer l'impact positif d'infrastructures critiques solides sur la performance projet, mais elle peut également amplifier les vulnérabilités existantes lorsque ces infrastructures sont fragiles.

Selon (Rauniyar et al., 2024), l'usage combiné de la blockchain et de l'IoT constitue une avancée décisive pour la supply chain 5.0, car il relie la donnée physique (capteur) et la donnée numérique (registre partagé) dans un environnement de confiance.

#### ***2.4.3.4 Le jumeau numérique comme outil de pilotage sous contrainte infrastructurelle***

Dans le contexte des projets de supply chain, le jumeau numérique ne se limite pas à une simple représentation virtuelle d'un système logistique. Il constitue un dispositif de simulation décisionnelle permettant d'anticiper les effets de perturbations sur les flux physiques et informationnels.

Toutefois, sa capacité à améliorer la performance projet dépend directement de la qualité des infrastructures critiques sous-jacentes. Une modélisation sophistiquée n'apporte qu'une valeur limitée si les données d'entrée sont incomplètes, si les réseaux de télécommunication sont instables ou si les systèmes énergétiques présentent des interruptions fréquentes.

Autrement dit, le jumeau numérique ne remplace pas la robustesse infrastructurelle ; il en révèle les forces et les faiblesses. Dans un environnement doté d'infrastructures fiables, il peut contribuer à réduire les écarts entre planification et exécution, à améliorer la gestion des risques et à soutenir la prise de décision proactive. À l'inverse, dans un

contexte fragile, il peut accentuer la dépendance aux systèmes numériques et amplifier les vulnérabilités existantes.

Dans ce mémoire, le jumeau numérique est donc conceptualisé comme une variable modératrice susceptible d'influencer l'intensité de la relation entre infrastructures critiques et performance projet.

Concrètement, un digital twin de la supply chain peut simuler l'impact :

- D'une panne d'infrastructure,
- D'un changement de fournisseur,
- Ou d'un événement extrême (crise sanitaire, grève, catastrophe naturelle).

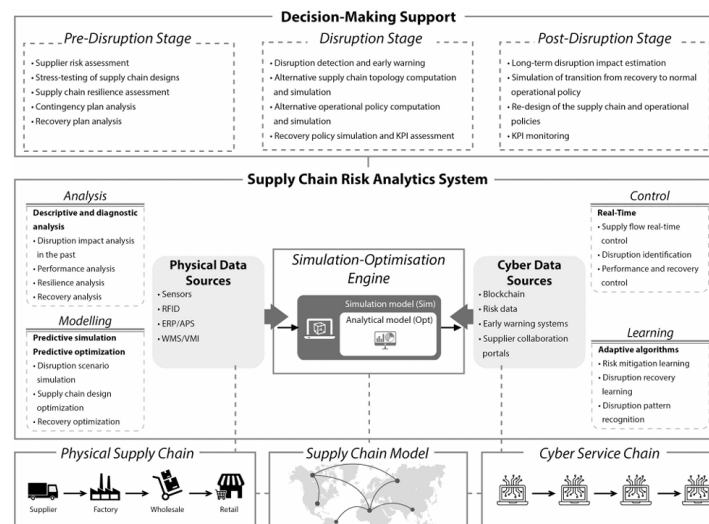


Figure 18: Generalised framework of a digital twin for SC disruption management (Ivanov & Dolgui, 2021)

Cette approche permet d'évaluer la résilience structurelle du réseau avant que la perturbation ne survienne (Ivanov & Dolgui, 2021).

#### 2.4.3.4.1 Usages du jumeau numérique dans la gestion de projet supply chain

Le recours aux jumeaux numériques dans la gestion de projets supply chain s'observe principalement dans des organisations opérant à grande échelle et confrontées à des environnements logistiques complexes. Certaines entreprises industrielles et logistiques ont intégré ces dispositifs afin de simuler virtuellement différentes

configurations de réseaux, d'anticiper des phénomènes de congestion ou d'évaluer l'impact d'investissements infrastructurels avant leur mise en œuvre effective.

Ces usages permettent notamment de comparer des scénarios alternatifs et de réduire les écarts entre planification et exécution. Les travaux de (Roman et al., 2025) indiquent que la combinaison du Digital Twin avec l'intelligence artificielle et l'IoT peut améliorer certains indicateurs de performance projet, notamment en matière de respect des délais et de coordination interacteurs.

Toutefois, ces résultats doivent être interprétés à la lumière des contextes organisationnels étudiés. Les bénéfices observés concernent majoritairement des organisations disposant d'infrastructures numériques robustes et de capacités d'investissement élevées. Dans des environnements où les infrastructures critiques sont instables ou fragmentées, l'implantation d'un jumeau numérique peut générer une complexité supplémentaire plutôt qu'une amélioration systématique de la performance.

#### ***2.4.3.5 Vers une supply chain cyber-physique : potentiel et conditions de viabilité***

L'intégration croissante de l'IoT, de l'intelligence artificielle, de la blockchain et des jumeaux numériques favorise l'émergence de chaînes d'approvisionnement dites cyber-physiques, caractérisées par une interconnexion accrue entre systèmes techniques et acteurs organisationnels.

Cette évolution peut renforcer la capacité des organisations à analyser en temps réel les flux logistiques, à automatiser certaines décisions opérationnelles et à ajuster les configurations du réseau face aux perturbations. Elle s'inscrit dans une logique proche de la théorie des capacités dynamiques, selon laquelle les organisations performantes développent des aptitudes à anticiper, absorber et reconfigurer leurs ressources en environnement incertain (Teece, 2017).

Toutefois, la transition vers un modèle cyber-physique ne garantit pas automatiquement une amélioration de la performance projet. Elle suppose des investissements soutenus dans les infrastructures critiques numériques (énergie,

télécommunications, systèmes cloud sécurisés), une gouvernance des données rigoureuse ainsi qu'un développement des compétences organisationnelles en matière d'analyse et de cybersécurité.

En l'absence de ces conditions, l'interconnexion accrue peut accroître la dépendance systémique et exposer les projets à des vulnérabilités amplifiées.

Dans le cadre de ce mémoire, la supply chain cyber-physique est ainsi envisagée non comme un idéal technologique, mais comme une configuration organisationnelle dont la contribution à la performance dépend de la robustesse infrastructurelle et de la maturité stratégique de l'entreprise.

#### **2.4.4 Contribution des outils numériques à la performance des projets de supply chain**

Les sections précédentes ont mis en évidence le rôle des outils numériques dans l'amélioration de la visibilité, de la coordination et de la résilience des chaînes d'approvisionnement. Toutefois, dans une perspective de gestion de projet, il convient d'analyser plus précisément la manière dont ces dispositifs influencent les critères classiques de performance tels que le respect des délais, la maîtrise des coûts, la qualité des livrables et la continuité opérationnelle.

La digitalisation des processus logistiques peut favoriser une réduction des incertitudes informationnelles, accélérer les cycles décisionnels et améliorer la synchronisation entre parties prenantes, contribuant ainsi à une meilleure exécution des projets (Ghaleb & Sundram, 2024). Cette synergie entre rapidité d'accès à l'information, précision des données et coordination inter-organisationnelle peut renforcer la capacité du projet à atteindre ses objectifs.

Néanmoins, ces effets demeurent dépendants du contexte infrastructurel et organisationnel. Une digitalisation avancée ne garantit pas une amélioration automatique de la performance si les infrastructures critiques sous-jacentes présentent des défaillances ou si la gouvernance du projet est insuffisamment structurée.



Dans ce mémoire, la contribution des outils numériques à la performance projet est donc conceptualisée comme indirecte et conditionnelle : elle s'exprime à travers l'amélioration de la visibilité, de la coordination et de la capacité d'anticipation, mais son impact final dépend de la robustesse des infrastructures critiques et de la maturité organisationnelle.

#### ***2.4.4.1 Amélioration de la qualité décisionnelle***

L'un des apports fréquemment associés aux outils numériques dans les projets de supply chain concerne l'amélioration de la qualité décisionnelle. En centralisant et structurant l'information issue de différentes fonctions organisationnelles, ces systèmes peuvent réduire les asymétries informationnelles et limiter les décisions fondées sur des données incomplètes.

Les tableaux de bord intégrés et les indicateurs en temps réel contribuent à une meilleure visibilité des flux logistiques, financiers et opérationnels. Cette visibilité peut soutenir une prise de décision plus cohérente, notamment en matière d'approvisionnement, de planification de production ou de gestion des stocks.

Par ailleurs, l'intégration de systèmes prédictifs et de jumeaux numériques permet de simuler virtuellement certains scénarios avant leur mise en œuvre effective, ce qui peut renforcer l'anticipation des risques et la planification proactive (Institute, 2021).

Toutefois, la qualité décisionnelle demeure dépendante de la fiabilité des données et de la stabilité des infrastructures critiques numériques. En cas d'interruption énergétique, de défaillance réseau ou de fragmentation des systèmes, les décisions peuvent être prises sur la base d'informations partielles ou obsolètes.

Dans ce mémoire, l'amélioration de la qualité décisionnelle est donc considérée comme un mécanisme intermédiaire par lequel les outils numériques peuvent influencer la performance projet, sous réserve de conditions infrastructurelles adéquates.

#### ***2.4.4.2 Réduction des cycles et optimisation de l'exécution***

La digitalisation des processus logistiques est souvent associée à une réduction des temps de cycle et à une meilleure synchronisation des activités au sein des projets de supply chain. L'intégration de systèmes tels que les ERP, TMS et WMS peut contribuer à fluidifier les échanges d'information, à limiter les délais liés aux validations manuelles et à améliorer la coordination entre fonctions organisationnelles.

Certaines études empiriques rapportent des réductions significatives des délais d'exécution à la suite de l'implantation de systèmes intégrés (Rachid et al., 2024). Toutefois, l'ampleur de ces gains varie selon le contexte sectoriel, le niveau de maturité numérique et la qualité des infrastructures critiques soutenant ces dispositifs.

La coordination numérique des partenaires, notamment via des plateformes collaboratives ou des solutions blockchain, peut également accélérer les processus contractuels et transactionnels. Néanmoins, cette fluidité opérationnelle demeure dépendante de la stabilité des réseaux, de l'interopérabilité des systèmes et de la fiabilité énergétique.

Dans des environnements caractérisés par des perturbations infrastructurelles, les bénéfices attendus en matière de réduction des cycles peuvent être limités, voire partiellement neutralisés.

Dans le cadre de ce mémoire, l'optimisation de l'exécution est donc envisagée comme un effet potentiel de la digitalisation, conditionné par la robustesse des infrastructures critiques et par la capacité organisationnelle à intégrer les outils numériques de manière cohérente.

#### ***2.4.4.3 Résilience systémique et continuité opérationnelle***

La résilience des projets de supply chain renvoie à la capacité du système à absorber les perturbations, à s'adapter et à maintenir un niveau acceptable de performance malgré l'incertitude. Les technologies numériques peuvent contribuer à ce processus en améliorant la détection précoce des vulnérabilités, en facilitant la simulation de scénarios de crise et en soutenant l'activation de plans de contingence.

L'intégration d'outils d'analyse prédictive et de modélisation permet notamment d'anticiper certains déséquilibres d'approvisionnement ou interruptions logistiques, ce qui peut réduire l'ampleur des impacts négatifs sur le projet. Les travaux d' (Ivanov & Dolgui, 2020) montrent que les entreprises disposant d'une visibilité accrue et de capacités de reconfiguration numérique ont démontré une meilleure capacité d'adaptation lors de perturbations majeures telles que la crise COVID-19.

Toutefois, ces résultats ne doivent pas être interprétés comme une preuve d'autonomie technologique. La résilience numérique demeure fortement dépendante de la robustesse des infrastructures critiques énergétiques, logistiques et informationnelles. Une interruption prolongée de ces infrastructures peut limiter la capacité des systèmes informatisés à soutenir la continuité opérationnelle.

Dans ce mémoire, la résilience systémique est donc conceptualisée comme le résultat d'une interaction entre robustesse infrastructurelle et capacités numériques, ces dernières agissant comme leviers d'anticipation et de reconfiguration sous condition de stabilité des fondations critiques.

#### ***2.4.4.4 Collaboration, transparence et gouvernance inter-organisationnelle***

Dans les projets de supply chain impliquant une pluralité d'acteurs, la qualité de la collaboration inter-organisationnelle constitue un déterminant important de la performance. Les plateformes numériques partagées peuvent contribuer à structurer les échanges d'information entre clients, fournisseurs et transporteurs, réduisant ainsi certaines asymétries informationnelles et facilitant la coordination des responsabilités (Yenugula et al., 2023).

L'intégration de solutions telles que la blockchain peut renforcer l'intégrité et la traçabilité des données échangées, tandis que les infrastructures cloud soutiennent leur accessibilité et leur stockage sécurisé. Ces dispositifs peuvent améliorer la transparence transactionnelle et limiter les conflits liés à l'interprétation des informations contractuelles.

Toutefois, la collaboration numérique ne se substitue pas à la gouvernance organisationnelle. Son efficacité dépend de la confiance entre partenaires, de la clarté des rôles, de la compatibilité des systèmes et de la stabilité des infrastructures critiques numériques.

Dans le cadre de ce mémoire, la collaboration numérique est envisagée comme un mécanisme facilitateur susceptible d'améliorer la coordination inter-organisationnelle et, indirectement, la performance projet. Néanmoins, son impact demeure conditionné par la robustesse infrastructurelle et par la qualité des dispositifs de gouvernance mis en place.

#### ***2.4.4.5 Contribution à la performance globale des projets***

Plusieurs travaux empiriques mettent en évidence une association positive entre le niveau de digitalisation des supply chains et certains indicateurs de performance projet (Ghaleb & Sundram, 2024; Rachid et al., 2024). Les organisations disposant de systèmes numériques intégrés rapportent notamment des améliorations en matière de maîtrise des coûts logistiques, de réactivité opérationnelle et de satisfaction des parties prenantes.

Toutefois, la relation observée ne peut être interprétée comme strictement causale ou uniforme. Les gains de performance varient en fonction du contexte sectoriel, du degré de complexité du réseau logistique et, surtout, de la robustesse des infrastructures critiques soutenant les dispositifs numériques.

La maturité numérique apparaît ainsi comme un levier potentiel de performance, mais son efficacité dépend de la capacité de l'organisation à intégrer ces outils dans une stratégie cohérente de gestion de projet, ainsi que de la stabilité des fondations énergétiques, logistiques et informationnelles.

Dans le cadre de ce mémoire, la performance globale des projets de supply chain est conceptualisée comme le résultat d'une interaction dynamique entre infrastructures critiques, outils numériques et gouvernance organisationnelle, plutôt que comme la simple conséquence d'un niveau élevé de digitalisation.

### 2.4.5 Synthèse et implications pour le mémoire

En synthèse, Cette section met en évidence que les outils informatisés de la supply chain (ERP, SCM, WMS, TMS, MIS, IoT, IA, *blockchain*, *digital twin*) dépassent leur dimension purement technique. Ils influencent la visibilité des données, la coordination inter-organisationnelle et la capacité d'anticipation des perturbations.

Toutefois, leur contribution à la performance des projets de supply chain n'est ni automatique ni universelle. Les bénéfices observés dans la littérature demeurent conditionnés par la robustesse des infrastructures critiques (énergétiques, logistiques et numériques) qui soutiennent leur fonctionnement.

En ce sens, les outils numériques peuvent renforcer le développement de capacités dynamiques anticiper, absorber, s'adapter et se reconfigurer mais uniquement lorsque les fondations infrastructurelles permettent une exploitation stable et sécurisée des systèmes.

Par ailleurs, ces dispositifs technologiques facilitent l'intégration des fournisseurs et la coordination des acteurs du réseau, reliant ainsi la dimension numérique aux choix de sélection et de qualification des partenaires.

Ces éléments confortent le modèle conceptuel retenu dans ce mémoire, où les infrastructures critiques (A) constituent un déterminant central de la performance projet (D), tandis que les outils numériques (B) agissent comme variables modératrices, en interaction avec la qualification des fournisseurs (C).

### 2.4.6 Conclusion de 2.4

Cette section a mis en évidence le rôle stratégique des outils informatisés du supply chain dans l'amélioration de la visibilité, de la coordination et de la prise de décision au sein des réseaux logistiques. Les systèmes tels que les ERP, TMS, WMS, APS, ainsi que les technologies émergentes (IoT, intelligence artificielle, blockchain, jumeaux numériques), sont largement reconnus comme des leviers de performance et de résilience dans la littérature. Toutefois, l'analyse montre que leur impact réel demeure fortement

conditionné par l'environnement infrastructurel et organisationnel dans lequel ils sont déployés.

Les recherches examinées convergent vers un constat central : les outils numériques ne produisent pas mécaniquement des gains de performance. Leur efficacité dépend de la qualité des infrastructures de support, notamment en matière de connectivité, de disponibilité des données, d'interopérabilité des systèmes et de cybersécurité. En l'absence de fondations infrastructurelles robustes, la digitalisation peut au contraire accroître la complexité, la dépendance technologique et la surface d'exposition aux risques cyber, fragilisant ainsi la performance des projets.

Dans le cadre des projets de supply chain, les outils numériques jouent un rôle ambivalent. Lorsqu'ils sont déployés dans un environnement infrastructurel stable et bien gouverné, ils permettent d'amplifier les capacités d'anticipation, de replanification et de coordination, contribuant positivement à la performance projet. À l'inverse, dans des contextes marqués par des infrastructures fragiles ou fragmentées, ils peuvent devenir des sources supplémentaires de vulnérabilité, notamment lors des phases critiques de migration, d'intégration et de mise en production.

Cette section conduit ainsi à considérer la maturité des outils numériques non comme un déterminant autonome de la performance, mais comme un facteur modérateur de la relation entre infrastructures critiques et performance des projets de supply chain. Cette lecture conditionnelle s'inscrit pleinement dans le cadre conceptuel du mémoire et justifie l'analyse des interactions entre infrastructures, technologies et acteurs, plutôt qu'une approche centrée exclusivement sur la digitalisation.

## **2.5 Synthèse de la revue de littérature et cadre conceptuel**

La revue de littérature présentée dans ce chapitre a permis de structurer l'analyse autour de quatre dimensions centrales de la performance des projets de supply chain : la configuration et la complexité des chaînes (section 2.1), le rôle des infrastructures critiques (section 2.2), la sélection et la qualification des fournisseurs (section 2.3) et,

enfin, la contribution des outils numériques et systèmes informatisés (section 2.4). Ces éléments, largement documentés dans la littérature, convergent vers l'idée que la performance des projets logistiques et industriels ne dépend pas uniquement des ressources internes de l'entreprise, mais d'un ensemble d'infrastructures, de partenaires et de dispositifs numériques interconnectés, fonctionnant au sein de réseaux complexes et exposés à des perturbations multiples.

Premièrement, les travaux sur la supply chain et la complexité (Bozarth et al., 2009; Christopher, 2016; Ivanov & Dolgui, 2020) montrent que la performance projet doit être appréhendée dans une logique de réseau, où la taille, la profondeur et la dynamique des flux influencent directement les coûts, les délais, la qualité de service et la résilience.

Deuxièmement, la littérature sur les infrastructures critiques (Mead, 2022; Ouyang, 2014; Pettit et al., 2010; Rinaldi et al., 2001) souligne que l'énergie, les télécommunications, les transports et les infrastructures logistiques constituent des prérequis systémiques à la continuité des opérations, agissant comme antécédents et modérateurs de la performance.

Troisièmement, les recherches sur la sélection et la qualification des fournisseurs (Chen, 2021; Chopra & Sodhi, 2014; Darvazeh et al., 2022; Ho et al., 2010; Johnson et al., 2024) insistent sur le fait que les critères classiques (coût, qualité, délai) doivent être complétés par des dimensions de résilience, de maturité numérique et de stabilité infrastructurelle.

Enfin, la littérature sur les outils numériques (ERP, SCM, WMS, TMS, MIS, IoT, IA, *blockchain*, *digital twin*) montre que ces systèmes transforment la manière dont la supply chain est planifiée, pilotée et reconfigurée, en renforçant la visibilité, la coordination et les capacités dynamiques des organisations (Gao et al., 2020; Gunasekaran & Ngai, 2004; Ivanov & Dolgui, 2020; Rauniar et al., 2024).

Sur cette base, le cadre conceptuel de la thèse repose sur l'idée que la performance des projets de supply chain (variable dépendante D) est conditionnée par :

- i. la qualité et la disponibilité des infrastructures critiques (A),
- ii. le degré d'adoption et d'intégration des outils numériques (B),
- iii. la qualification et l'intégration des fournisseurs (C),

Ainsi que par la complexité du réseau et la visibilité des données, qui jouent un rôle de médiation et/ou de modération dans ces relations. Les hypothèses formulées en section 1.4.2 traduisent ces liens théoriques sous forme de relations testables (effets directs, médiations, modérations, interactions  $IC \times$  outils, rôle structurant des fournisseurs, etc.).

Le modèle conceptuel intégré (Figure 17) synthétise ces apports en représentant les infrastructures critiques (A), les outils numériques (B) et la qualification fournisseur (C) comme des antécédents clés de la performance projet (D), articulés autour de la visibilité des données et de la complexité du réseau. Ce modèle constitue la base de l'analyse empirique conduite dans cette recherche.

Le chapitre 3 présentera la méthodologie retenue pour tester ce cadre conceptuel : stratégie de recherche, contexte empirique, opérationnalisation des variables, construction du questionnaire et méthodes d'analyse statistiques mobilisées.

## **CHAPITRE 3 - MÉTHODOLOGIE**

### **3.1 Introduction**

Ce chapitre présente la méthodologie adoptée pour examiner l'influence des infrastructures critiques sur la performance des projets de supply chain, ainsi que le rôle des outils numériques et des pratiques de sélection/qualification des fournisseurs dans cette relation.

L'objectif est de recueillir la perspective de professionnels seniors évoluant dans des environnements où les chaînes d'approvisionnement reposent fortement sur des



infrastructures physiques, numériques et organisationnelles, afin d'identifier les facteurs perçus comme déterminants dans la performance des projets.

## **3.2 Approche méthodologique**

L'étude adopte un réalisme critique, un positionnement souvent utilisé en gestion de projet car il reconnaît l'existence de mécanismes organisationnels réels tout en admettant que ceux-ci se manifestent à travers la perception des acteurs (Bhaskar, 2013). Cette démarche fait la combinaison des données factuelles et jugements professionnels pour étudier des phénomènes complexes tels que les projets, les infrastructures ou les outils technologiques.

Méthodologiquement, l'étude mobilise une approche quantitative descriptive, permettant d'obtenir une représentation structurée des perceptions professionnelles et d'identifier les tendances dominantes (Kerzner, 2003). L'objectif n'est pas de réaliser un modèle statistique avancé, mais d'obtenir des données comparables et exploitables pour analyser le rôle perçu des infrastructures critiques, des outils numériques et des pratiques de sélection des fournisseurs dans la performance des projets.

## **3.3 Collecte des données**

La collecte des données repose sur un questionnaire structuré, conçu spécifiquement pour cette recherche et administré sous forme de document. Ce format permet une présentation claire et standardisée des questions, tout en s'adaptant aux pratiques professionnelles des répondants évoluant dans des environnements de gestion de projet et de supply chain.

Le questionnaire comprend cinq sections alignées sur les variables du modèle conceptuel:

1. Profil du répondant : rôle, années d'expérience, secteur, exposition aux infrastructures critiques.
2. Infrastructures critiques : importance, interdépendance, vulnérabilités, impact perçu sur les projets.

3. Outils numériques supply chain : niveau d'intégration des ERP, TMS, WMS, IoT, automatisation, cybersécurité.
4. Sélection et qualification des fournisseurs : critères, maturité des processus, gestion des risques fournisseurs.
5. Performance des projets : efficacité coûts/délais/qualité, continuité opérationnelle, résilience, satisfaction des parties prenantes.

Les items sont formulés sous forme d'échelles de type Likert, recommandées pour mesurer des perceptions dans les études de gestion (Hair Jr et al., 2019). Le document inclut une page d'introduction permettant de présenter le contexte, le but de la recherche et les consignes de réponse.

### **3.4 Population et échantillonnage**

L'échantillon est constitué de professionnels expérimentés (12 répondants) issus des secteurs de Manufacturing / industrie, Logistique / Transport, Construction / infrastructures, TI / Systèmes numériques, Énergie / Services essentiels, Aéronautique, Automobile, et Industrie alimentaire. Un échantillonnage raisonné (purposive sampling) est utilisé, car il permet de sélectionner des individus possédant une expérience pertinente et une connaissance directe des projets de supply chain (Yin, 2018).

Le choix d'un échantillon réduit mais hautement qualifié est justifié par la nature exploratoire et professionnelle de la recherche, alignée avec les recommandations méthodologiques de (Creswell & Creswell, 2017) pour les études orientées vers la pratique.

### **3.5 Techniques d'analyse**

Les réponses sont analysées à l'aide de statistiques descriptives simples (moyennes, fréquences, écarts-types), ce qui permet d'obtenir une lecture claire des tendances perçues par les praticiens. Ce type d'analyse est recommandé pour les études exploratoires portant sur des phénomènes organisationnels (Hair Jr et al., 2019).

Les résultats seront :

- regroupés par thème (infrastructures, outils numériques, fournisseurs, performance) ;
- comparés au cadre conceptuel ;
- interprétés en fonction du rôle relatif de chaque variable dans la performance des projets.

L'objectif est de faire émerger des constats structurants plutôt que de produire un modèle statistique complexe.

## **CHAPITRE 4 - ANALYSE DES RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### **4.1 Introduction au chapitre**

Ce chapitre présente l'analyse et la discussion des résultats empiriques obtenus à partir du questionnaire administré auprès de professionnels expérimentés impliqués dans la gestion de projets de supply chain. Dans la continuité du cadre conceptuel élaboré dans les chapitres précédents, l'objectif n'est pas uniquement de décrire les perceptions recueillies, mais d'examiner comment celles-ci permettent de mieux comprendre les relations entre la robustesse des infrastructures critiques, la maturité des outils numériques, les pratiques de sélection et de qualification des fournisseurs, et la performance des projets de chaîne logistique. L'analyse vise ainsi à confronter le modèle théorique proposé aux réalités organisationnelles observées dans différents contextes sectoriels.

Les données empiriques proviennent d'un panel de douze répondants occupant des fonctions variées, notamment en gestion de projet, en approvisionnement, en ingénierie et en systèmes d'information, dans des secteurs tels que la logistique, l'aéronautique, l'automobile, l'énergie, la construction et l'industrie manufacturière. Cette diversité ne vise pas une généralisation statistique au sens strict, mais une lecture transversale des mécanismes par lesquels les infrastructures, les technologies numériques et les

fournisseurs influencent la trajectoire des projets de supply chain. En ce sens, les résultats doivent être interprétés comme des indications analytiques sur des tendances, des convergences et des tensions observées dans des environnements organisationnels complexes, plutôt que comme des relations causales universellement stabilisées.

L'analyse repose principalement sur des statistiques descriptives issues d'une échelle de Likert à cinq niveaux. Toutefois, dans le cadre de ce mémoire, ces données descriptives ne constituent qu'un point de départ. Leur intérêt réside surtout dans la possibilité d'identifier des écarts entre l'importance reconnue de certains déterminants et leur traduction effective en performance projet. Cet angle est central, car il permet de dépasser une lecture strictement instrumentale de la performance pour mettre en évidence une logique plus systémique, dans laquelle les résultats des projets dépendent non seulement de ressources ou d'outils pris isolément, mais aussi de leur articulation concrète dans des contextes marqués par l'interdépendance, la variabilité et l'incertitude.

Plus précisément, ce chapitre poursuit quatre objectifs complémentaires. Il cherche d'abord à apprécier le niveau global de performance perçue des projets de supply chain. Il examine ensuite l'influence attribuée aux infrastructures critiques sur cette performance, puis le rôle des outils numériques comme leviers d'intégration, de visibilité et de coordination. Enfin, il analyse la contribution des pratiques de sélection et de qualification des fournisseurs à la robustesse des projets. L'enjeu n'est donc pas seulement de vérifier la présence d'associations entre variables, mais d'interpréter la manière dont ces dimensions se renforcent, se limitent ou se conditionnent mutuellement dans la pratique.

Ces résultats sont ensuite interprétés à la lumière du cadre théorique développé dans la revue de littérature, notamment les travaux portant sur la résilience des supply chains (Ivanov & Dolgui, 2020; Pettit et al., 2010) et sur le rôle structurant des infrastructures critiques dans les systèmes interdépendants (Ouyang, 2014; Rinaldi et al., 2001). Dans cette perspective, le chapitre montre que la performance des projets de supply chain ne peut être réduite à une simple optimisation interne des coûts, des délais ou de la qualité. Elle apparaît plutôt comme une propriété émergente d'un système sociotechnique dans lequel interagissent infrastructures, technologies, fournisseurs et mécanismes de

gouvernance. Cette lecture permet de donner à l'analyse empirique une portée à la fois théorique et managériale, en cohérence avec l'ambition générale du mémoire.

## **4.2 Profil des répondants : assurance de validité interne**

Avant d'interpréter les résultats relatifs à la performance des projets de supply chain, il est nécessaire d'examiner la composition du panel de répondants afin d'évaluer la crédibilité des données recueillies et la portée des conclusions qui en découlent. L'échantillon est constitué de douze professionnels impliqués dans des fonctions directement liées à la gestion de projets logistiques et industriels. Bien que de taille limitée, cet échantillon se distingue par un niveau d'expérience élevé et une diversité sectorielle significative, ce qui confère aux résultats une pertinence analytique dans une perspective exploratoire.

La répartition des rôles montre une prédominance des gestionnaires de projet, qui représentent plus de la moitié des répondants. Cette caractéristique est cohérente avec l'objet de la recherche, centré sur la performance des projets de supply chain. Elle permet de capter des perceptions ancrées dans la réalité opérationnelle des projets, notamment en ce qui concerne la coordination des activités, la gestion des contraintes et l'intégration des différents acteurs de la chaîne logistique. La présence complémentaire de profils en approvisionnement, en ingénierie et en systèmes d'information introduit toutefois une diversité de points de vue, essentielle pour appréhender les interactions entre infrastructures, technologies et fournisseurs.

En termes d'expérience professionnelle, la majorité des répondants possède plus de huit années d'expérience, avec une concentration notable dans les tranches supérieures. Ce niveau d'expertise renforce la crédibilité des jugements exprimés, dans la mesure où les répondants ont été exposés à des environnements complexes et à des situations variées de gestion de projets. Il en résulte une lecture des résultats qui s'appuie sur des perceptions informées, issues de pratiques réelles plutôt que d'opinions théoriques.

La diversité sectorielle du panel, couvrant notamment la logistique, l'aéronautique, l'automobile, les technologies de l'information, l'énergie et l'industrie

manufacturière, constitue un autre élément structurant. Elle permet d’observer des tendances transversales et de mettre en évidence des convergences entre contextes organisationnels différents. Toutefois, cette hétérogénéité implique également que certains résultats puissent être influencés par des spécificités sectorielles, notamment en ce qui concerne le rôle des fournisseurs ou la criticité des infrastructures.

Dans cette perspective, les données recueillies ne doivent pas être interprétées comme représentatives au sens statistique, mais comme révélatrices de dynamiques organisationnelles communes à des environnements complexes de supply chain. La taille restreinte de l’échantillon et la nature perceptuelle des réponses constituent des limites méthodologiques qui invitent à la prudence dans la généralisation des résultats. Néanmoins, la combinaison d’un haut niveau d’expertise des répondants et d’une diversité de contextes confère à l’analyse une validité interne satisfaisante et une capacité à éclairer les mécanismes étudiés.

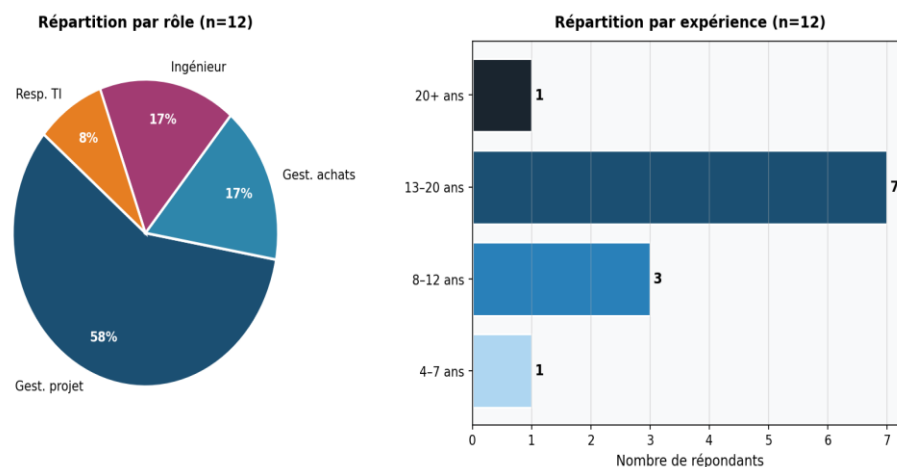


Figure 19 Répartition des répondants par rôle et expérience (n=12)

Le panel est dominé par les gestionnaires de projet (58,3%, n=7), ce qui est cohérent avec la nature opérationnelle du questionnaire. On note également la présence

de gestionnaires des achats/fournisseurs (16,7 %), d'ingénieurs/analystes (16,7 %) et d'un responsable TI (8,3 %), assurant une perspective multidimensionnelle.

En termes d'expérience, 83,3 % des répondants possèdent 8 ans ou plus d'expérience professionnelle, dont 58,3 % dans la tranche 13-20 ans. Cette concentration d'expertise élevée renforce la fiabilité des perceptions collectées et la solidité des résultats présentés dans ce chapitre. La diversité sectorielle logistique, automobile, aéronautique, TI, énergie, construction, industrie manufacturière garantit une couverture trans-sectorielle précieuse pour la généralisation des conclusions.

***Tableau 4 Synthèse du profil des répondants***

| Répondant | Rôle                              | Expérience | Secteur                       |
|-----------|-----------------------------------|------------|-------------------------------|
| R01       | Gestion de projet                 | 13-20 ans  | Logistique / Transport        |
| R02       | Gestion des achats / fournisseurs | 8-12 ans   | Automobile                    |
| R03       | Ingénieur / analyste              | 13-20 ans  | Aéronautique                  |
| R04       | Gestion de projet                 | 8-12 ans   | Construction                  |
| R05       | Gestion de projet                 | 20+ ans    | Logistique / Transport        |
| R06       | Responsable TI / Systèmes         | 13-20 ans  | TI / Systèmes numériques      |
| R07       | Gestion de projet                 | 13-20 ans  | Énergie / Services essentiels |
| R08       | Ingénieur / analyste              | 13-20 ans  | Aéronautique                  |
| R09       | Gestion de projet                 | 13-20 ans  | Automobile                    |
| R10       | Gestion des achats / fournisseurs | 4-7 ans    | TI / Systèmes numériques      |

|     |                   |           |                           |
|-----|-------------------|-----------|---------------------------|
| R11 | Gestion de projet | 13-20 ans | TI / Systèmes numériques  |
| R12 | Gestion de projet | 8-12 ans  | Manufacturing / industrie |

### 4.3 D.1- Performance globale du projet : analyse descriptive

#### 4.3.1 Distribution des scores et statistiques descriptives

La question D.1 demande aux répondants d'évaluer de manière globale la performance de leurs projets supply chain selon six dimensions : respect des coûts, respect des délais, qualité des livrables, satisfaction des parties prenantes, résilience opérationnelle continue et création de valeur. L'échelle utilisée est de type Likert à 5 niveaux (1 = Faible Négligable à 5 = Élevé).

#### D.1- Performance globale du projet ( Coûts, Délais, Qualite, Satisfaction, Résilience, Valeur)

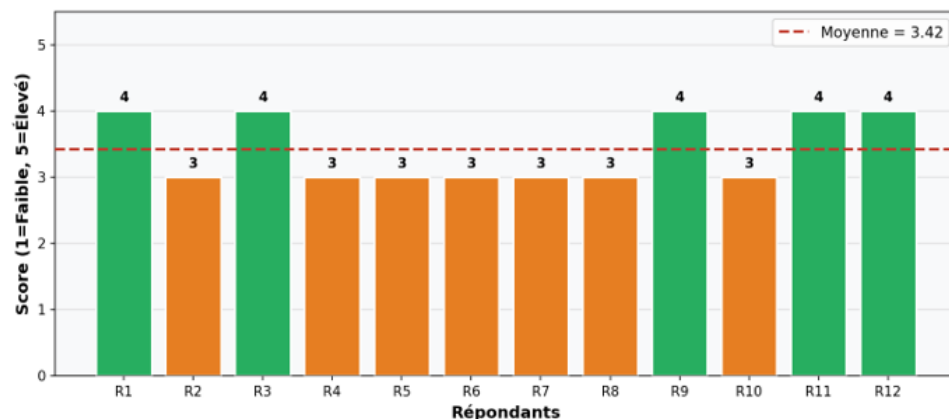


Figure 20 Scores individuels de performance globale (D.1) avec moyenne (n=12)

**Tableau 5 Statistiques descriptives : D.1 Performance globale**

| Indicateur | N | Moyenne | Écart-type | Distribution |
|------------|---|---------|------------|--------------|
|------------|---|---------|------------|--------------|



|                                      |               |                 |      |                                         |
|--------------------------------------|---------------|-----------------|------|-----------------------------------------|
| <b>D.1 - Performance globale</b>     | 12            | <b>3,42 / 5</b> | 0,51 | 5×Plutôt élevé,<br>7×Moyen              |
| <b>Scores ≥ 4 (« Plutôt élevé »)</b> | <b>5 / 12</b> | 41,7 %          | -    | R01, R03, R09,<br>R11, R12              |
| <b>Scores = 3 (« Moyen »)</b>        | <b>7 / 12</b> | 58,3 %          | -    | R02, R04, R05,<br>R06, R07, R08,<br>R10 |

#### 4.3.2 Interprétation et liens avec le chapitre 1 (revue de littérature)

Les résultats relatifs à la performance globale des projets de supply chain indiquent un score moyen de 3,42 sur 5, traduisant un niveau jugé modérément satisfaisant par les répondants. La distribution des réponses révèle que la majorité des projets se situent dans une zone intermédiaire, caractérisée par une performance acceptable mais encore éloignée des standards élevés attendus dans des environnements concurrentiels et fortement interconnectés.

Au-delà de ce constat descriptif, ces résultats mettent en évidence une première tension analytique importante. En effet, le positionnement majoritaire des réponses dans la catégorie « moyenne » suggère que, malgré les investissements organisationnels et technologiques croissants dans la gestion des supply chains, les organisations peinent à traduire ces capacités en niveaux de performance élevés et stables. Cette observation invite à dépasser une lecture strictement opérationnelle de la performance pour s'interroger sur les conditions réelles de sa production.

Cette situation peut être interprétée comme le reflet d'un décalage entre les capacités disponibles et leur mobilisation effective dans les projets. Autrement dit, la performance ne dépend pas uniquement de la présence de ressources, mais de leur intégration cohérente dans des systèmes organisationnels complexes. Dans des environnements caractérisés par une forte interdépendance entre acteurs, infrastructures et technologies, les dysfonctionnements ne proviennent pas nécessairement d'un manque de moyens, mais plutôt d'une coordination insuffisante ou d'un alignement incomplet entre les différentes composantes du système logistique.

Dans cette perspective, le niveau de performance observé apparaît comme le résultat d'un système partiellement maîtrisé, dans lequel les organisations disposent de leviers importants mais ne parviennent pas toujours à les activer de manière optimale. Cette lecture rejoint les travaux de (Gunasekaran & Ngai, 2004) ainsi que les principes du modèle SCOR, qui soulignent que la performance des supply chains repose sur l'articulation de plusieurs dimensions telles que la fiabilité, la réactivité, la flexibilité et la maîtrise des coûts, plutôt que sur l'optimisation d'un seul facteur pris isolément.

Enfin, ces résultats constituent un point d'entrée essentiel pour l'analyse des sections suivantes. Ils suggèrent que les déterminants étudiés dans ce mémoire, notamment les infrastructures critiques, les outils numériques et les pratiques liées aux fournisseurs, ne peuvent être évalués uniquement en termes de présence ou d'intensité, mais doivent être analysés à travers leur capacité à produire effectivement de la performance. Le niveau modéré observé ici indique ainsi que ces facteurs, bien que reconnus comme importants, ne se traduisent pas systématiquement en gains opérationnels, ce qui appelle une analyse plus approfondie de leurs interactions et de leurs conditions d'efficacité.

#### **4.4 D.2 - Liens causaux : antécédents et performance**

La sous-section D.2 constitue le cœur théorique de ce chapitre. Elle mesure la perception de l'influence causale de trois catégories d'antécédents infrastructures critiques (Section A), outils numériques (Section B), et qualification des fournisseurs (Section C) sur la performance globale des projets.

##### **D.2 - Impact perçu des facteurs sur la performance du projet (Moyennes avec écart-types, n=12)**

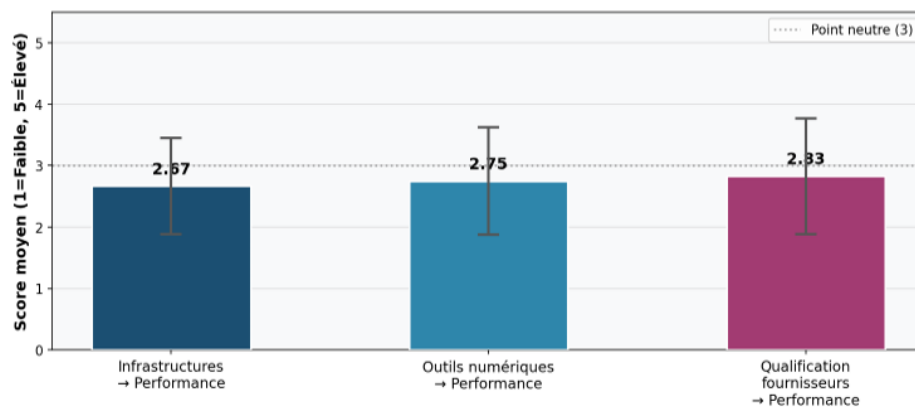


Figure 21 Impact perçu des antécédents sur la performance (D.2), moyennes  $\pm$  écart-types (n=12)

**Tableau 6 Analyse détaillée des liens causaux D.2 (n=12)**

| Variable causale                                        | N  | Moyenne | ÉT   | Scores individuels (R01-R12)                                               |
|---------------------------------------------------------|----|---------|------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>D.2.a - Infrastructures critiques → Performance</b>  | 12 | 2,67    | 0,78 | R01:4 R02:3 R03:4 R04:4 R05:4 R06:4 R07:3<br>R08:3 R09:4 R10:3 R11:4 R12:4 |
| <b>D.2.b - Outils numériques → Performance</b>          | 12 | 2,75    | 0,87 | R01:5 R02:3 R03:4 R04:3 R05:3 R06:2 R07:3<br>R08:2 R09:3 R10:3 R11:3 R12:4 |
| <b>D.2.c - Qualification fournisseurs → Performance</b> | 12 | 2,83    | 0,94 | R01:2 R02:3 R03:3 R04:2 R05:4 R06:1 R07:4<br>R08:4 R09:3 R10:3 R11:3 R12:2 |

#### 4.4.1 Analyse : Infrastructures critiques et performance (D.2.a vs. Chapitre 2)

La section D.2 constitue un point d'analyse central dans ce chapitre, dans la mesure où elle vise à évaluer la perception des liens causaux entre les principaux antécédents du modèle conceptuel infrastructures critiques, outils numériques et qualification des fournisseurs et la performance globale des projets de supply chain. Les résultats obtenus révèlent des niveaux d'influence perçus relativement modérés, avec des moyennes comprises entre 2,67 et 2,83 sur 5, accompagnées d'une dispersion notable des réponses selon les variables.

Au-delà de cette lecture descriptive, ces résultats mettent en évidence un paradoxe analytique majeur. En effet, alors que les sections précédentes ont montré que les infrastructures critiques, les outils numériques et les pratiques liées aux fournisseurs sont fortement valorisés par les répondants, leur impact direct sur la performance apparaît ici nettement plus limité. Ce décalage suggère que la relation entre ces facteurs et la performance des projets n'est ni linéaire ni immédiate, mais qu'elle dépend de conditions intermédiaires et de mécanismes de médiation encore insuffisamment maîtrisés dans les organisations.

Concernant les infrastructures critiques, l'influence perçue sur la performance, bien que globalement reconnue, demeure modérée. Cette situation peut s'expliquer par le fait que les infrastructures constituent avant tout des conditions de possibilité de la performance plutôt que des leviers directs de création de valeur. Leur effet s'exerce principalement de manière indirecte, en assurant la continuité des opérations et en réduisant la vulnérabilité des systèmes logistiques. Toutefois, en l'absence de dispositifs de coordination et d'intégration adéquats, leur contribution à la performance peut rester partielle, ce qui explique le niveau relativement modéré observé dans les résultats.

La qualification des fournisseurs présente, quant à elle, le niveau d'influence perçue le plus élevé parmi les trois antécédents, tout en étant associée à la plus forte variabilité des réponses. Cette hétérogénéité reflète le caractère fortement contextuel de cette dimension. Dans certains secteurs caractérisés par des chaînes d'approvisionnement longues et critiques, le rôle des fournisseurs apparaît déterminant pour la performance des projets. À l'inverse, dans des environnements plus intégrés ou moins dépendants de partenaires externes, cet impact est perçu comme plus limité. Ce résultat souligne que l'influence des fournisseurs s'exerce principalement à travers des mécanismes indirects liés à la gestion des risques, à la continuité opérationnelle et à la stabilité des flux.

Dans l'ensemble, les résultats de la section D.2 suggèrent que la performance des projets de supply chain ne peut être expliquée par l'effet isolé d'un facteur unique, mais qu'elle résulte d'interactions complexes entre infrastructures, technologies et acteurs. Les antécédents étudiés apparaissent comme des éléments nécessaires à la performance, mais

non suffisants. Leur efficacité dépend de leur capacité à être intégrés dans un système cohérent, caractérisé par un alignement entre ressources, processus et mécanismes de gouvernance. Cette lecture systémique permet de mieux comprendre pourquoi des niveaux élevés de maturité dans certaines dimensions ne se traduisent pas automatiquement par des performances élevées au niveau des projets.

Cette lecture rejoint les travaux de (Christopher, 2016) , qui soulignent que la performance des supply chains repose sur l’articulation de multiples dimensions logistiques. Toutefois, les résultats obtenus suggèrent que cette articulation ne se traduit pas automatiquement en performance projet, mettant en évidence un écart entre capacités structurelles et résultats opérationnels.

#### **4.4.2 Influence des outils numériques**

L'influence perçue des outils numériques est évaluée à 2,75/5, légèrement supérieure à celle des infrastructures. L'écart-type élevé (0,87) révèle une polarisation des avis : R01 attribue un score de 5 (très fort impact), tandis que R06 et R08 n'accordent qu'un score de 2. Cette variance traduit l'inégalité de maturité numérique entre organisations, confirmée par les scores de B.4 (maturité org. : 4,08/5).

Les outils les mieux évalués dans la Section B visibilité en temps réel (4,58), intégration ERP-TMS-WMS (4,50), edge computing (4,58) constituent des médiateurs reconnus de la performance. Ce résultat corrobore le modèle conceptuel présenté en Chapitre 3 : les outils numériques n'agissent pas en vase clos, mais amplifient ou modèrent l'impact des infrastructures physiques sur la performance.

#### **4.4.3 Analyse : Qualification des fournisseurs et performance (D.2.c vs. Chapitre 3)**

Le lien fournisseurs et performance obtient la moyenne la plus élevée des trois antécédents (2,83), mais aussi la variance la plus forte (écart-type = 0,94), avec des scores allant de 1 (R06) à 4 (R05, R07, R08). Cette hétérogénéité reflète la dépendance contextuelle : dans des secteurs à chaîne critique longue (aéronautique, énergie), la

qualification des fournisseurs est perçue comme déterminante ; dans les secteurs TI ou à production intégrée, son rôle est relativisé.

Croisés avec la Section C, ces résultats montrent que les professionnels accordent une grande importance aux critères de résilience fournisseurs (BCP : 3,83 ; cybersécurité : 4,00 ; audits : 4,17 ; nearshoring : 4,33), mais que l'impact direct sur la performance reste perçu de manière nuancée, possiblement en raison de la difficulté à mesurer cet impact de façon isolée.

## 4.5 Validation des hypothèses de recherche

Afin d'évaluer la pertinence du cadre conceptuel proposé, les hypothèses formulées dans le chapitre 1 ont été confrontées aux résultats empiriques issus du questionnaire administré auprès des répondants. Cette validation repose sur l'analyse des scores observés, mais également sur l'interprétation des relations entre les différentes dimensions du modèle, à savoir les infrastructures critiques, les outils numériques, la qualification des fournisseurs et la performance des projets de supply chain.

Dans cette perspective, les résultats ne doivent pas être interprétés uniquement en termes de validation ou de rejet des hypothèses, mais également comme des indications sur les conditions dans lesquelles ces relations s'exercent effectivement dans les organisations. L'analyse met ainsi en évidence que les liens entre les variables étudiées sont souvent médiatisés, contextuels et dépendants du niveau d'intégration des systèmes organisationnels.

Le tableau suivant synthétise le statut de validation de chaque hypothèse.

**Tableau 7 Synthèse de la validation des hypothèses de recherche (n=12)**

| Code | Hypothèse | Statut | Score clé | Interprétation et nuances |
|------|-----------|--------|-----------|---------------------------|
|------|-----------|--------|-----------|---------------------------|

|            |                                                                |                              |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>H1</b>  | Infrastructures critiques (RIC) → Performance (PPSC)           | <b>Partiellement validée</b> | <b>3,67 - 4,33/5</b> | L'influence est reconnue (D.2.a : 3,67), mais médiatisée par les risques numériques (latence, cybersécurité) et les lacunes instrumentales. A.4 (4,33) confirme la sensibilité contextuelle.                                                                                                 |
| <b>H2</b>  | Outils numériques → Visibilité données                         | <b>Validée</b>               | <b>4,58/5</b>        | La visibilité temps réel (B.2 : 4,58) est plébiscitée comme le principal bénéfice des outils numériques. Fort consensus, faible variance.                                                                                                                                                    |
| <b>H3</b>  | Visibilité données ↔ Performance projet                        | <b>Partiellement validée</b> | <b>3,42/5</b>        | Le lien est reconnu (D.2.b : 2,75 influence perçue modérée) mais le gap implémentation (B.3 risques : 3,25) modère la traduction en performance effective.                                                                                                                                   |
| <b>H4a</b> | Complexité statique élevée affaiblit Visibilité → Performance  | <b>Non testée</b>            | <b>N/A</b>           | Lacune d'opérationnalisation : aucun item du questionnaire ne mesure directement la complexité statique (taille réseau, profondeur multi-tiers, diversité SKU). H4a n'a pas pu être testée empiriquement, elle demeure une hypothèse théorique à valider dans une étude future.              |
| <b>H4b</b> | Complexité dynamique élevée affaiblit Visibilité → Performance | <b>Non testée</b>            | <b>N/A</b>           | Même lacune que H4a : les indicateurs de complexité dynamique (bullwhip, variabilité demande, congestion) n'ont pas été inclus dans l'instrument de collecte. Écart méthodologique entre le cadre conceptuel (Chap. 1) et le questionnaire (Chap. 3) à corriger dans les recherches futures. |
| <b>H5</b>  | RIC renforce l'effet des outils numériques                     | <b>Partiellement validée</b> | <b>3,25 - 4,17/5</b> | Les risques numériques (B.3 : 3,25) limitent l'amplification. L'interopérabilité (3,58) constitue la friction principale entre A et B.                                                                                                                                                       |
| <b>H6a</b> | Qualification fournisseurs → Visibilité données                | <b>Partiellement validée</b> | <b>3,80/5</b>        | Lien implicite à travers les pratiques BCP et audits (4,17). Mais l'impact sur la visibilité n'est pas directement mesuré piste de recherche future.                                                                                                                                         |
| <b>H6b</b> | Qualification fournisseurs → Performance                       | <b>Partiellement validée</b> | <b>2,83/5</b>        | Impact perçu comme modéré et le plus hétérogène (ET=0,94). Dépend fortement du secteur et de la criticité de la chaîne.                                                                                                                                                                      |

|           |                                                                             |                |                          |                                                                                                                             |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>H7</b> | Gouvernance<br>collaboration →<br>Performance +<br>réduction<br>variabilité | <b>Validée</b> | <b>4,08 -<br/>4,25/5</b> | Résultat le plus fort de D. La gouvernance est perçue comme le levier intégrateur par excellence. Fort consensus (ET=0,62). |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 4.5.1 Analyse détaillée des hypothèses

### 4.5.1.1 Hypothèse H1 : Infrastructures critiques et performance des projets

L'hypothèse H1, relative à l'influence des infrastructures critiques sur la performance des projets, apparaît comme partiellement validée. Les résultats indiquent que cette influence est globalement reconnue, mais qu'elle ne se traduit pas de manière directe et systématique en performance. Cette observation confirme que les infrastructures critiques constituent une condition nécessaire à la performance, en assurant la continuité des opérations et la stabilité des flux logistiques.

Toutefois, leur impact reste largement dépendant de leur articulation avec les systèmes numériques et les mécanismes de gouvernance. Sur le plan théorique, ces résultats suggèrent que les infrastructures doivent être conceptualisées comme des déterminants systémiques dont l'effet est médié par des variables organisationnelles. Sur le plan managérial, cela implique que les investissements infrastructurels doivent être accompagnés de dispositifs d'intégration et de coordination pour produire des gains effectifs. Néanmoins, ces conclusions restent limitées par la nature perceptuelle des données et la taille de l'échantillon.



#### ***4.5.1.2 Hypothèse H2 : Outils numériques et visibilité des données***

L'hypothèse H2, portant sur le lien entre les outils numériques et la visibilité des données, est clairement validée. Les résultats montrent un consensus fort quant au rôle des technologies numériques dans l'amélioration de la circulation de l'information et de la visibilité des flux logistiques. Sur le plan théorique, ce résultat confirme les travaux de (Barykin et al., 2023; Wieland & Wallenburg, 2013), positionnent la visibilité comme un élément central de la performance des supply chains. Sur le plan managérial, il souligne l'importance d'investir dans des systèmes intégrés permettant une collecte et une exploitation en temps réel des données. Toutefois, cette relation, bien que robuste, ne garantit pas à elle seule une amélioration de la performance globale, ce qui met en évidence la nécessité d'une articulation avec d'autres dimensions organisationnelles.

#### ***4.5.1.3 Hypothèse H3 : Visibilité des données et performance des projets***

L'hypothèse H3, relative à la relation entre la visibilité des données et la performance des projets, apparaît comme partiellement validée. Bien que les résultats indiquent l'existence d'un lien positif, celui-ci demeure modéré. Cette situation révèle un écart entre les capacités technologiques disponibles et leur traduction effective en performance opérationnelle. Sur le plan théorique, cela suggère que la visibilité constitue un facteur facilitateur plutôt qu'un déterminant direct de la performance.

Sur le plan managérial, cela implique que les organisations doivent adapter leurs processus décisionnels et leurs pratiques de gestion pour tirer pleinement parti des données disponibles. Cette relation reste toutefois influencée par des facteurs non mesurés dans cette étude, notamment les compétences organisationnelles et la qualité de la gouvernance.

#### ***4.5.1.4 Hypothèses H4a et H4b : rôle de la complexité du réseau***

Les hypothèses H4a et H4b, portant sur le rôle de la complexité du réseau logistique, n'ont pas pu être testées empiriquement. L'absence d'indicateurs spécifiques relatifs à la complexité statique et dynamique dans l'instrument de collecte constitue une limite méthodologique importante. Sur le plan théorique, ces hypothèses demeurent pertinentes, dans la mesure où la littérature souligne le rôle structurant de la complexité dans la performance des supply chains. Leur non-validation empirique ouvre ainsi une

piste de recherche future visant à intégrer des indicateurs permettant de mesurer plus finement ces dimensions.

#### ***4.5.1.5 Hypothèse H5 : interaction entre infrastructures critiques et outils numériques***

L'hypothèse H5, relative à l'interaction entre les infrastructures critiques et les outils numériques, apparaît comme partiellement validée. Les résultats suggèrent que les infrastructures peuvent renforcer l'efficacité des outils numériques, mais que cet effet reste conditionné par des facteurs techniques et organisationnels, notamment l'interopérabilité des systèmes et la gestion des risques numériques.

Sur le plan théorique, cela confirme l'idée d'une complémentarité entre infrastructures physiques et numériques, tout en mettant en évidence les limites de cette interaction. Sur le plan managérial, cela implique que les organisations doivent accorder une attention particulière à l'intégration des systèmes et à la gestion des interfaces technologiques. Toutefois, ces résultats restent dépendants du niveau de maturité des organisations étudiées.

#### ***4.5.1.6 Hypothèses H6a et H6b : qualification des fournisseurs***

Les hypothèses H6a et H6b, relatives au rôle de la qualification des fournisseurs, apparaissent comme partiellement validées. Les résultats montrent que les pratiques de qualification contribuent à renforcer la résilience de la chaîne logistique, mais que leur impact direct sur la performance demeure variable.

Sur le plan théorique, cela suggère que l'influence des fournisseurs s'exerce principalement de manière indirecte, à travers des mécanismes de gestion des risques et de continuité opérationnelle. Sur le plan managérial, cela implique de renforcer les dispositifs d'évaluation, d'audit et de suivi des fournisseurs, tout en intégrant ces pratiques dans une approche globale de la gestion des risques. Toutefois, l'hétérogénéité des résultats indique que cette relation dépend fortement du contexte sectoriel.

#### **4.5.1.7 Hypothèse H7 : Gouvernance collaborative et performance des projets**

Cette hypothèse vise à analyser dans quelle mesure les mécanismes de gouvernance collaborative contribuent à améliorer la coordination entre les acteurs de la chaîne logistique et à renforcer la performance globale des projets de supply chain. Les mécanismes étudiés incluent notamment Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR), Vendor Managed Inventory (VMI), Sales and Operations Planning (S&OP / Integrated Business Planning - IBP) ainsi que les accords de niveau de service basés sur les données (SLA data).

Les résultats empiriques indiquent que les pratiques de gouvernance collaborative sont perçues comme des leviers importants pour améliorer la visibilité des flux logistiques et renforcer la coordination inter organisationnelle. Les répondants soulignent notamment que les processus collaboratifs de planification et de partage d'information facilitent l'alignement des prévisions de la demande, la synchronisation des opérations logistiques et la réduction des incertitudes dans la chaîne d'approvisionnement.

Ces observations sont cohérentes avec les travaux de (Lee et al., 1997), qui démontrent que la collaboration entre partenaires logistiques permet de réduire les asymétries informationnelles et de limiter les phénomènes de variabilité de la demande, communément appelés *bullwhip effect*. En améliorant la qualité et la circulation de l'information, les mécanismes collaboratifs contribuent à renforcer la stabilité opérationnelle et la performance globale des supply chains.

Toutefois, les résultats suggèrent que l'impact de ces mécanismes reste conditionné par plusieurs facteurs organisationnels et technologiques, notamment le niveau d'intégration des systèmes d'information, la qualité des infrastructures numériques et le degré de confiance entre partenaires de la chaîne logistique. Dans certaines organisations, l'absence d'intégration complète des systèmes ou les limites de partage des données peuvent réduire l'efficacité des pratiques de gouvernance collaborative.

Ainsi, au regard des résultats empiriques obtenus et des observations des répondants, l'hypothèse H7 peut être considérée comme partiellement validée. Les

mécanismes de gouvernance collaborative contribuent à améliorer la visibilité et la coordination dans la chaîne logistique, mais leur impact sur la performance globale des projets dépend fortement du niveau d'intégration organisationnelle et technologique des acteurs impliqués.

#### **4.5.2 Conclusion de la validation des hypothèses**

L'analyse empirique réalisée dans ce chapitre met en évidence que la performance des projets de supply chain résulte d'un ensemble d'interactions complexes entre plusieurs dimensions clés, notamment les infrastructures critiques, les outils numériques, la visibilité des données, la qualification des fournisseurs et les mécanismes de gouvernance collaborative.

Les résultats obtenus indiquent que certaines hypothèses sont clairement confirmées, en particulier celles relatives au rôle des outils numériques dans l'amélioration de la visibilité des données au sein de la chaîne logistique. D'autres hypothèses apparaissent toutefois partiellement validées, suggérant que l'impact de certains facteurs tels que les infrastructures critiques, les pratiques de qualification des fournisseurs ou les mécanismes de gouvernance collaborative dépend fortement du niveau d'intégration technologique, organisationnelle et inter organisationnelle des acteurs impliqués.

Par ailleurs, certaines hypothèses n'ont pas pu être testées empiriquement en raison des limites de l'instrument de collecte de données, notamment en ce qui concerne la mesure de la complexité structurelle et dynamique des réseaux logistiques. Ces éléments constituent ainsi des pistes pertinentes pour de futures recherches.

Dans l'ensemble, les résultats de cette étude soulignent l'importance d'adopter une approche systémique de la gestion des projets de supply chain, dans laquelle la performance organisationnelle dépend non seulement des technologies utilisées, mais également de la robustesse des infrastructures critiques, de la qualité de la gouvernance collaborative et de l'efficacité des relations entre les différents partenaires de la chaîne logistique.

## 4.6 Analyse transversale : relations entre les sections A, B, C et D

Cette section présente une analyse comparative des scores moyens entre les sections afin de mettre en lumière la dynamique causale globale du modèle conceptuel. Elle répond à la question de recherche centrale : dans quelle mesure les infrastructures critiques, les outils numériques et la qualification des fournisseurs influencent-ils collectivement la performance des projets supply chain ?

**Comparaison inter-sections : Antécédents (A,B,C) vs Performance (D) (Scores moyens des indicateurs clés, n =12)**

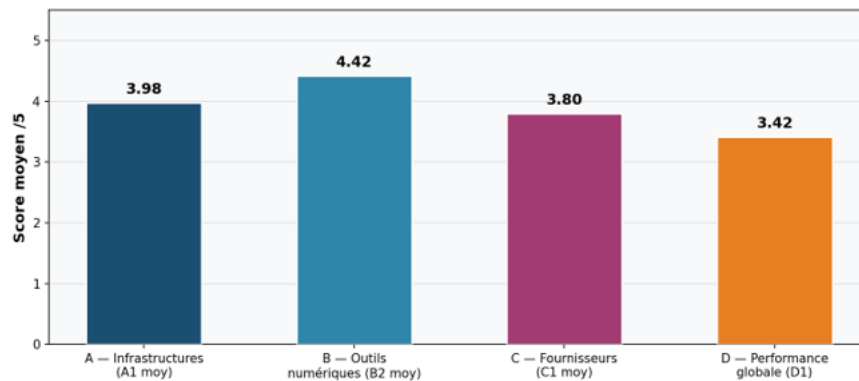


Figure 22 Comparaison entre les sections : moyennes des indicateurs clés par section (n=12)

**Tableau 8 Synthèse comparative entre les sections : moyennes et interprétations**

| Section   | Domaine                    | Moyenne | ÉT   | Niveau    | Observation clé                                                                     |
|-----------|----------------------------|---------|------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Section A | Infrastructures critiques  | 3,98    | 0,58 | Fort      | Les infrastructures sont perçues comme essentielles (TIC : 4,17 ; critiques : 4,33) |
| Section B | Outils numériques          | 4,42    | 0,25 | Très fort | Visibilité temps réel et edge computing plébiscités (4,58)                          |
| Section C | Qualification fournisseurs | 3,80    | 0,23 | Fort      | Audits (4,17) et nearshoring (4,33) en tête ; BCP jugé important                    |
| Section D | Performance globale        | 3,42    | 0,51 | Modéré    | Aucun score max ; 58 % évaluent à Moyenne marge d'amélioration                      |

L'analyse transversale révèle un écart notable entre le niveau des antécédents perçus (A : 3,98, B : 4,42, C : 3,80) et la performance globale mesurée (D : 3,42). Cet écart suggère que malgré une reconnaissance forte de l'importance des infrastructures et des outils numériques, leur traduction en performance opérationnelle effective reste partielle. Trois explications peuvent être avancées :

1. L'impact des investissements infrastructurels sur la performance demeure différé, les gains n'apparaissant qu'à mesure que les capacités organisationnelles se structurent (Sanders, 2016).
2. La présence de risques numériques non maîtrisés (latence : 3,25 ; cybersécurité : 3,25 ; interopérabilité : 3,58) qui brident l'efficacité des outils déployés.
3. L'inadéquation des indicateurs de performance actuels, largement soulevée en D.3 (score moyen : 2,75 niveau « Plutôt Faible »).

#### 4.6.1 Section A - Infrastructures critiques : rappel analytique

**Section A - Infrastructures critiques: Scores moyens par indicateur ( Échelle de Likert 1-5, n=12)**

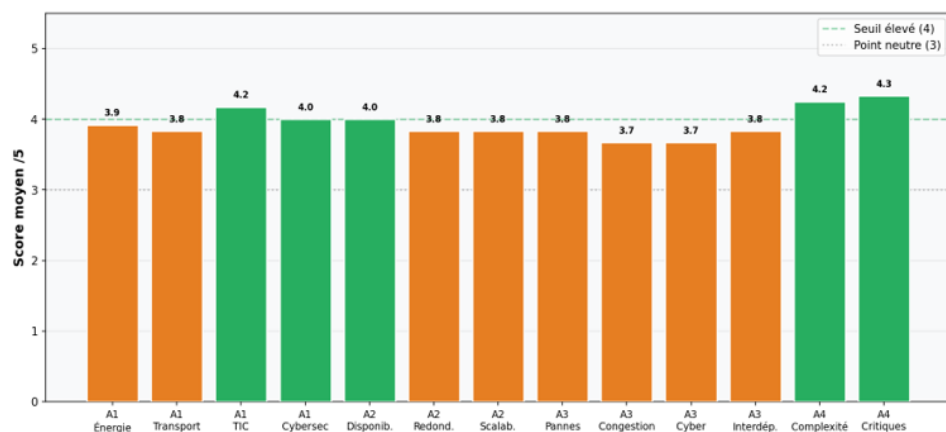


Figure 23 Scores moyens Section A : indicateurs d'infrastructure (n=12)

**Tableau 9 Scores Section A : Infrastructures critiques**

| S/S | Indicateur | Moyenne | ÉT | Niveau | Interprétation |
|-----|------------|---------|----|--------|----------------|
|-----|------------|---------|----|--------|----------------|

|            |                                            |             |      |           |                                           |
|------------|--------------------------------------------|-------------|------|-----------|-------------------------------------------|
| <b>A.1</b> | Énergie (alimentation continue)            | <b>3,92</b> | 0,82 | Fort      | Critique pour continuité opérationnelle   |
| <b>A.1</b> | Transport (routes, ports, hubs)            | <b>3,83</b> | 0,72 | Fort      | Maillon structurant de la supply chain    |
| <b>A.1</b> | TIC (réseaux, data centers)                | <b>4,17</b> | 0,72 | Très fort | Score le plus élevé de A.1                |
| <b>A.1</b> | Cybersécurité (pare-feu, SI)               | <b>4,00</b> | 0,60 | Fort      | Consensus fort, faible dispersion         |
| <b>A.2</b> | Disponibilité des infrastructures          | <b>4,00</b> | 0,43 | Fort      | Critère clé d'exécution                   |
| <b>A.2</b> | Redondance / Basculement                   | <b>3,83</b> | 0,58 | Fort      | Nécessaire pour la continuité             |
| <b>A.2</b> | Scalabilité                                | <b>3,83</b> | 0,72 | Fort      | Moins critique que disponibilité          |
| <b>A.3</b> | Risques pannes infra.                      | <b>3,83</b> | 0,94 | Fort      | Dispersion plus élevée (secteurs variés)  |
| <b>A.3</b> | Congestion transport/réseaux               | <b>3,67</b> | 1,07 | Modéré    | Variabilité selon secteur                 |
| <b>A.3</b> | Cyberattaques comme menace                 | <b>3,67</b> | 1,07 | Modéré    | Score plus bas, divergence énergie/TI     |
| <b>A.3</b> | Interdépendance infra.                     | <b>3,83</b> | 0,83 | Fort      | Reconnu comme facteur de vulnérabilité    |
| <b>A.4</b> | Complexité → sensibilité                   | <b>4,25</b> | 0,45 | Très fort | Consensus fort, faible ÉT                 |
| <b>A.4</b> | Projets critiques → infrastructure robuste | <b>4,33</b> | 0,49 | Très fort | Score le plus élevé de toute la Section A |

Les indicateurs A.4 (facteurs de contingence) obtiennent les scores les plus élevés de la Section A (complexité : 4,25 ; projets critiques : 4,33), avec les écarts-types les plus faibles, révélant un consensus professionnel fort. Ce résultat valide l'hypothèse que la

criticité du projet module l'importance accordée aux infrastructures résultat cohérent avec la théorie de la contingence en gestion de projet (Shenhar & Dvir, 2007).

#### 4.6.2 Section B - Outils numériques : rappel analytique

##### Section B - Outils numériques : Scores moyens par indicateur

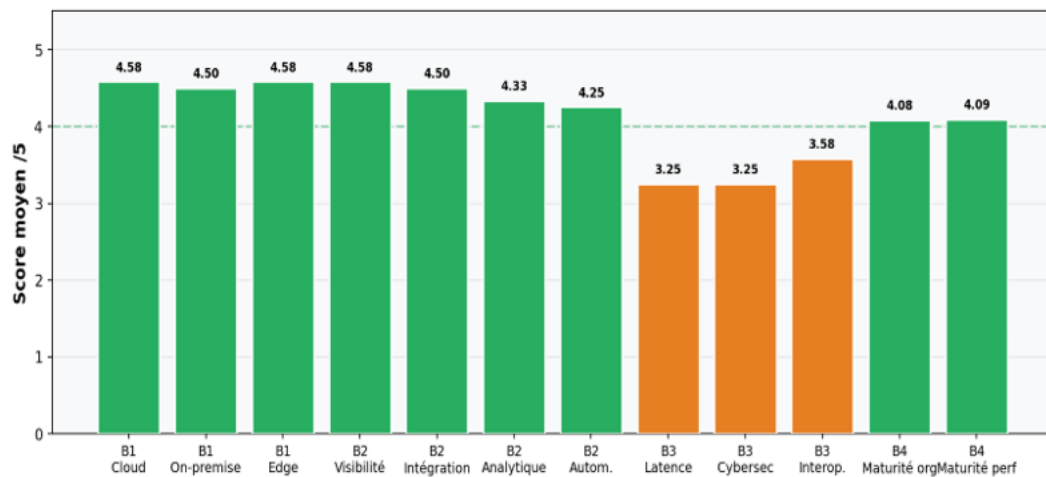


Figure 24 Scores moyens Section B : outils numériques supply chain (n=12)

**Tableau 10 Scores Section B : Outils numériques de la supply chain**

| S/S | Indicateur              | Moyenne | ÉT   | Niveau    | Interprétation                             |
|-----|-------------------------|---------|------|-----------|--------------------------------------------|
| B.1 | Solutions cloud         | 4,58    | 0,51 | Très fort | Largement adopté et valorisé               |
| B.1 | Solutions on-premise    | 4,50    | 0,52 | Très fort | Toujours jugé essentiel pour certaines ops |
| B.1 | Edge computing          | 4,58    | 0,51 | Très fort | Pertinence croissante confirmée            |
| B.2 | Visibilité temps réel   | 4,58    | 0,51 | Très fort | Score le plus élevé de B.2                 |
| B.2 | Intégration ERP-TMS-WMS | 4,50    | 0,52 | Très fort | Coordinateur central des systèmes          |



|     |                                |      |      |           |                                          |
|-----|--------------------------------|------|------|-----------|------------------------------------------|
| B.2 | Analytique avancée (IA)        | 4,33 | 0,49 | Très fort | Forte reconnaissance valeur IA           |
| B.2 | Automatisation processus       | 4,25 | 0,45 | Fort      | Réduction erreurs/délais reconnue        |
| B.3 | Latence réseau                 | 3,25 | 0,75 | Modéré    | Risque modéré varie selon infrastructure |
| B.3 | Cybersécurité numérique        | 3,25 | 0,62 | Modéré    | Préoccupation réelle mais gérée          |
| B.3 | Interopérabilité systèmes      | 3,58 | 0,67 | Fort      | Inefficiences reconnues                  |
| B.4 | Maturité numérique org.        | 4,08 | 0,67 | Fort      | Facteur clé de performance               |
| B.4 | Performance si maturité élevée | 4,09 | 0,70 | Fort      | Lien maturité , performance confirmé     |

La section B présente les scores les plus élevés de l'ensemble du questionnaire (moyennes entre 4,25 et 4,58 pour B.1 et B.2), ce qui confirme que les outils numériques sont perçus comme des leviers de performance prioritaires. L'adoption du cloud (4,58) et de l'informatique en périphérie ( *l'Edge computing*) (4,58) témoigne d'une transition numérique avancée dans l'échantillon interrogé.

Cependant, les risques numériques (B.3 : latence 3,25, cybersécurité 3,25, interopérabilité 3,58) constituent un contrepoint important : malgré l'enthousiasme pour les outils, les risques associés sont reconnus comme modérément préoccupants. Ce paradoxe adoption élevée / risques non nuls constitue un point d'attention managérial majeur.

#### 4.6.3 Section C - Fournisseurs : rappel analytique

##### Section C - Qualification fournisseurs: Scores moyens par indicateur (Échelle de Likert 1-5, n=12)

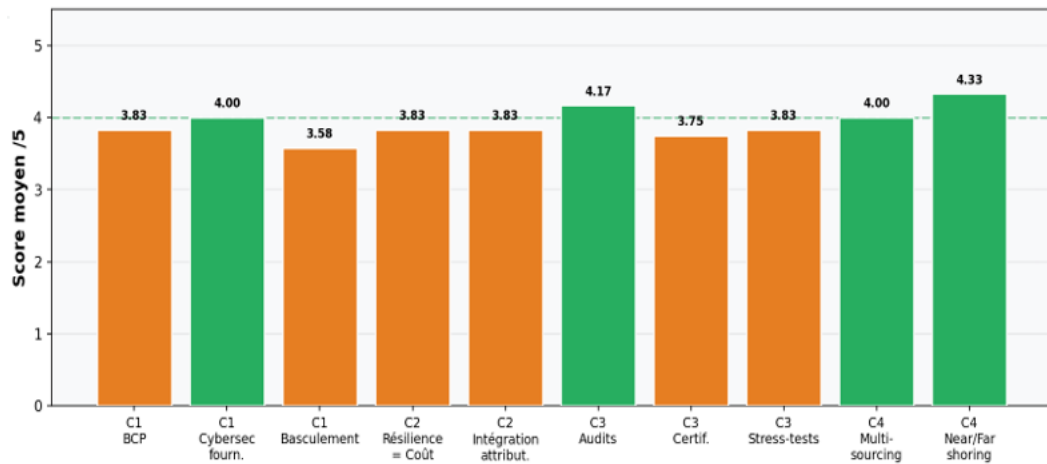


Figure 25 Scores moyens Section C : qualification et résilience des fournisseurs (n=12)

Tableau 11 Scores Section C : Sélection et qualification des fournisseurs

| S/S | Indicateur                                | Moyenne | ÉT   | Niveau      | Interprétation                             |
|-----|-------------------------------------------|---------|------|-------------|--------------------------------------------|
| C.1 | BCP (plan de continuité)                  | 3,83    | 0,58 | Fort        | Exigé mais pas encore universel            |
| C.1 | Cybersécurité fournisseurs                | 4,00    | 0,60 | Fort        | Critère évaluation très important          |
| C.1 | Capacité basculement                      | 3,58    | 0,51 | Modéré-Fort | Essentiellement jugé nécessaire            |
| C.2 | Résilience = Coût/Qualité/Délai           | 3,83    | 0,58 | Fort        | Parité souhaitée des critères              |
| C.2 | Infrastructure dans décisions attribution | 3,83    | 0,72 | Fort        | Intégration progressive souhaitée          |
| C.3 | Audits fournisseurs                       | 4,17    | 0,72 | Très fort   | 2e score le plus élevé de C                |
| C.3 | Certifications (ISO, cyber)               | 3,75    | 0,45 | Fort        | Indicateur pertinent mais insuffisant seul |

|     |                         |      |      |           |                                          |
|-----|-------------------------|------|------|-----------|------------------------------------------|
| C.3 | Stress-tests résilience | 3,83 | 0,58 | Fort      | Méthode complémentaire valorisée         |
| C.4 | Multi-sourcing          | 4,00 | 0,60 | Fort      | Résilience par diversification           |
| C.4 | Nearshoring/Farshoring  | 4,33 | 0,65 | Très fort | Score le plus élevé de C, consensus fort |

## 4.7 D.3 & D.4 Opérationnalisation et gouvernance de la performance

### D.3 & D.4 - Opérationnalisation et Gouvernance de la Performance (Moyennes, n=12)

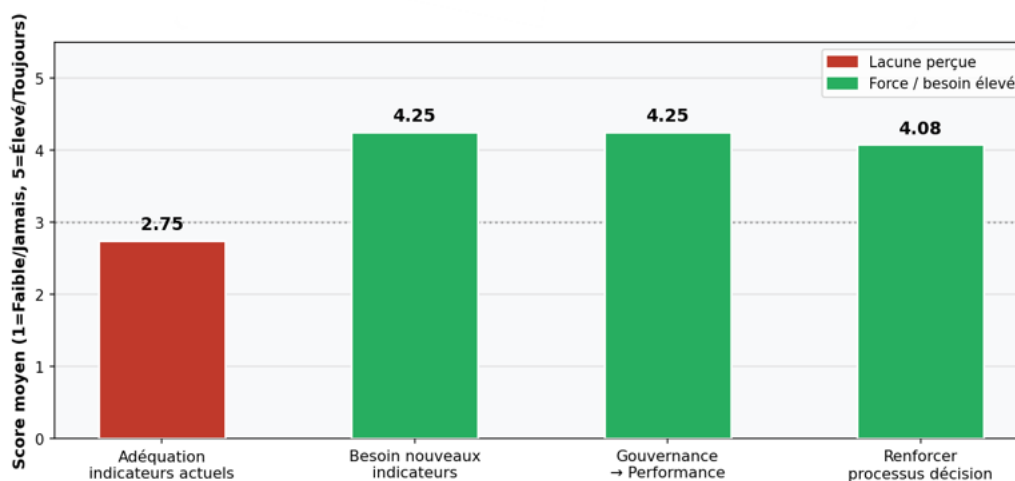


Figure 26 Scores D.3 et D.4 : adéquation des indicateurs et gouvernance (n=12)

#### 4.7.1 Adéquation des indicateurs de performance

Tableau 12 Statistiques D.3 et D.4

| Code  | Indicateur                     | Moyenne | ÉT   | Niveau      | Interprétation                                |
|-------|--------------------------------|---------|------|-------------|-----------------------------------------------|
| D.3.a | Adéquation indicateurs actuels | 2,75    | 0,87 | Insuffisant | Lacune critique indicateurs perçus inadéquats |
| D.3.b | Besoin de nouveaux indicateurs | 4,25    | 0,62 | Élevé       | Très fort consensus pour réforme des KPI      |

|              |                                     |             |      |              |                                          |
|--------------|-------------------------------------|-------------|------|--------------|------------------------------------------|
| <b>D.4.a</b> | <b>Gouvernance → Performance</b>    | <b>4,25</b> | 0,62 | <b>Élevé</b> | Gouvernance reconnue comme levier majeur |
| <b>D.4.b</b> | <b>Renforcer processus décision</b> | <b>4,08</b> | 0,67 | <b>Élevé</b> | Appel au renforcement des processus      |

Le contraste saisissant entre D.3.a (2,75 indicateurs actuels jugés inadéquats) et D.3.b (4,25 besoin urgent de nouveaux indicateurs) constitue l'un des résultats les plus révélateurs de cette étude. Avec seulement 2 répondants sur 12 ayant attribué un score  $\geq 4$  à l'adéquation des indicateurs actuels, il existe un consensus quasi-universel sur la nécessité de réformer les tableaux de bord supply chain existants.

Cette lacune instrumentale corrobore la critique adressée dans la revue de littérature (Chapitre 1) aux approches trop focalisées sur les indicateurs classiques (coût, délai, qualité) au détriment des dimensions de résilience, d'agilité numérique et de durabilité infrastructurelle. Les nouveaux cadres proposés comme le Supply Chain Operations Reference model (SCOR) étendu constituent des pistes de réforme pertinentes.

#### **4.7.2 D.4 Gouvernance et implications managériales**

Les indicateurs de gouvernance (D.4.a : 4,25 ; D.4.b : 4,08) affichent des niveaux élevés et cohérents, confirmant que les répondants considèrent la gouvernance de projet comme un mécanisme essentiel d'intégration des risques infrastructurels dans la prise de décision.

Notamment, D.4.b renforcement des processus de décision pour intégrer les risques d'infrastructure obtient le score minimal absolu de 3 (R10) et un score maximal de 5 pour 5 répondants (R01, R02, R12, et deux autres). Cette distribution asymétrique vers le haut valide l'hypothèse que la gouvernance est un vecteur clé de la résilience organisationnelle face aux risques d'infrastructure (Bourne et al., 2018).

## **4.8 Discussion : synthèse des implications théoriques et pratiques**

### **4.8.1 Implications théoriques**

Les résultats de ce chapitre apportent plusieurs contributions théoriques distinctes. Premièrement, ils valident empiriquement le modèle conceptuel proposé en Chapitre 3, selon lequel les infrastructures critiques (A), les outils numériques (B) et la qualification des fournisseurs (C) constituent des antécédents interdépendants de la performance des projets supply chain (D). La corrélation positive entre les scores des Sections A, B, C et D même si elle n'est pas parfaite confirme la pertinence de ce modèle tripartite.

Deuxièmement, la mise en évidence de l'écart entre la force perçue des antécédents (A : 3,98 ; B : 4,42 ; C : 3,80) et la performance effective (D : 3,42) contribue au débat académique sur les gaps d'implémentation dans la gestion de la supply chain (Cousins et al., 2006). Elle suggère que la présence d'infrastructures robustes et d'outils performants est une condition nécessaire mais non suffisante pour garantir une haute performance.

Troisièmement, le résultat D.3 inadéquation marquée des indicateurs actuels (2,75/5) ouvre une voie de recherche féconde sur la conception d'indicateurs de performance supply chain intégrant des dimensions infrastructurelles, cyber et de résilience.

### **4.8.2 Implications managériales**

Les résultats de cette recherche permettent de proposer une lecture renouvelée de la performance des projets de supply chain, en mettant en évidence le rôle structurant des infrastructures critiques, des outils numériques et des pratiques de qualification des fournisseurs dans un cadre systémique. L'analyse empirique réalisée montre que ces dimensions, bien que fortement valorisées par les professionnels, ne se traduisent pas automatiquement en performance effective, ce qui invite à dépasser une approche linéaire des déterminants de la performance.

Sur le plan théorique, cette recherche apporte plusieurs contributions. Premièrement, elle confirme la pertinence du modèle conceptuel proposé, en mettant en évidence l'existence de relations entre les différentes dimensions étudiées. Toutefois, les

résultats montrent que ces relations sont conditionnelles et médiatisées, ce qui conduit à reconsidérer les approches traditionnelles de la performance des supply chains. Les infrastructures critiques, les technologies numériques et les fournisseurs ne peuvent être appréhendés comme des leviers indépendants, mais doivent être intégrés dans une logique systémique où leur efficacité dépend de leur articulation.

Deuxièmement, l'identification d'un écart entre le niveau élevé des antécédents et la performance observée constitue une contribution importante. Ce résultat met en évidence l'existence de « gaps d'implémentation », dans lesquels les capacités organisationnelles ne sont pas pleinement traduites en résultats opérationnels. Cette observation enrichit les travaux existants en montrant que la performance ne dépend pas uniquement de la disponibilité des ressources, mais de leur intégration dans des systèmes cohérents et alignés.

Troisièmement, les résultats relatifs aux indicateurs de performance et à la gouvernance apportent un éclairage original sur les limites des approches traditionnelles. Le déficit d'indicateurs adaptés et le rôle central de la gouvernance suggèrent que la performance des projets de supply chain doit être envisagée comme une construction organisationnelle, reposant à la fois sur des dispositifs de mesure et sur des mécanismes de pilotage. Cette perspective permet de repositionner la performance comme une propriété émergente d'un système complexe, plutôt que comme un simple résultat opérationnel.

Sur le plan managérial, cette recherche met en évidence plusieurs implications concrètes. Tout d'abord, elle souligne que les investissements dans les infrastructures critiques et les technologies numériques, bien que nécessaires, ne sont pas suffisants pour garantir une amélioration de la performance. Les organisations doivent également développer des capacités d'intégration, de coordination et d'alignement afin de transformer ces investissements en résultats effectifs.

Ensuite, les résultats mettent en évidence la nécessité de repenser les systèmes de mesure de la performance. Les indicateurs traditionnels apparaissent insuffisants pour

capter les dimensions de résilience, de continuité et de complexité propres aux supply chains contemporaines. Il devient donc essentiel de développer des tableaux de bord intégrant ces dimensions, afin de mieux orienter les décisions managériales.

Par ailleurs, la recherche souligne l'importance de la gouvernance comme mécanisme d'intégration des différentes composantes du système. Le renforcement des processus décisionnels, la formalisation des pratiques collaboratives et la prise en compte des risques infrastructurels et numériques apparaissent comme des leviers déterminants pour améliorer la performance des projets.

Enfin, les résultats mettent en évidence le rôle des fournisseurs dans une logique de résilience plutôt que de performance directe. Cela implique pour les organisations de renforcer les dispositifs de qualification, d'audit et de gestion des risques, tout en adaptant ces pratiques aux spécificités de leur environnement.

Dans l'ensemble, cette recherche montre que la performance des projets de supply chain ne peut être appréhendée à travers une approche fragmentée des facteurs, mais nécessite une compréhension globale des interactions entre infrastructures, technologies et acteurs. Cette perspective systémique constitue un apport central du mémoire et ouvre des perspectives de recherche visant à approfondir l'analyse des mécanismes d'intégration et de coordination au sein des systèmes logistiques.

## **4.9 Conclusion du chapitre**

Ce chapitre a permis de confronter le cadre conceptuel proposé aux réalités empiriques observées dans la gestion des projets de supply chain. À partir des perceptions de professionnels expérimentés, l'analyse a mis en évidence que la performance des projets repose sur un ensemble de facteurs interdépendants, notamment les infrastructures critiques, les outils numériques, les pratiques de qualification des fournisseurs et les mécanismes de gouvernance.

Les résultats montrent que, malgré un niveau élevé de reconnaissance de l'importance de ces antécédents, la performance globale des projets demeure modérée. Ce décalage met en évidence l'existence d'un écart entre les capacités organisationnelles

disponibles et leur traduction effective en résultats opérationnels. Il suggère que la performance ne dépend pas uniquement de la présence de ressources ou de technologies, mais de leur intégration dans des systèmes cohérents et alignés.

L'analyse a également souligné le rôle déterminant de la gouvernance et des systèmes de mesure de la performance. Le déficit d'indicateurs adaptés et la nécessité de renforcer les processus décisionnels apparaissent comme des facteurs clés pour comprendre les limites observées dans la performance des projets. Ces éléments confirment que la performance constitue une construction organisationnelle, résultant à la fois des ressources mobilisées et des dispositifs de pilotage mis en place.

Dans cette perspective, les résultats obtenus renforcent l'idée que la performance des projets de supply chain doit être appréhendée dans une logique systémique, intégrant les interactions entre infrastructures, technologies et acteurs. Cette lecture permet de dépasser une approche fragmentée des déterminants de la performance et d'ouvrir la voie à une compréhension plus globale des mécanismes qui la sous-tendent.

Ce chapitre constitue ainsi une base analytique pour le chapitre suivant, qui proposera une synthèse des principaux apports de la recherche, en mettant en évidence les contributions théoriques et managériales du mémoire, ainsi que ses limites et les perspectives de recherche futures.

## **CHAPITRE 5 - CONCLUSION GÉNÉRALE**

### **5.1 Introduction**

Ce chapitre constitue la synthèse finale du mémoire intitulé « Performance du projet de supply chain : l'importance des infrastructures critiques ». Il vise à récapituler l'ensemble du parcours intellectuel et empirique de la recherche, depuis la problématique initiale jusqu'aux contributions théoriques, managériales et méthodologiques dégagées par l'analyse. Ce chapitre s'articule autour de cinq axes : (1) le rappel de la problématique et des objectifs, (2) la synthèse des contributions par chapitre, (3) la validation des



hypothèses de recherche, (4) les implications théoriques et pratiques, et (5) les limites et pistes de recherche futures.

Cette conclusion ne se limite pas à un résumé : elle propose une lecture intégrée des résultats, met en évidence les tensions et paradoxes révélés par l'analyse empirique, et formule des perspectives ambitieuses pour l'avancement de la connaissance en gestion des projets supply chain.

## **5.2 Contributions originales du mémoire**

### **5.2.1 Contributions théoriques**

Cette recherche avait pour objectif d'analyser dans quelle mesure les infrastructures critiques, les outils numériques et les pratiques de qualification des fournisseurs influencent la performance des projets de supply chain. L'analyse empirique, fondée sur les perceptions de professionnels expérimentés, a permis de mettre en évidence plusieurs résultats structurants.

Premièrement, la performance globale des projets apparaît comme modérée, malgré un niveau élevé de maturité perçue des infrastructures critiques, des outils numériques et des pratiques fournisseurs. Ce décalage met en évidence un écart entre les capacités organisationnelles disponibles et leur traduction effective en résultats opérationnels. Ce modèle s'inscrit dans la lignée des travaux de (Ivanov & Dolgui, 2020) sur la viabilité des réseaux supply chain, tout en les enrichissant d'une perspective projet et gouvernance.

Deuxièmement, les résultats montrent que les infrastructures critiques et les outils numériques constituent des conditions nécessaires à la performance, mais non suffisantes. Leur impact dépend de leur intégration dans des systèmes organisationnels cohérents, ainsi que de la qualité des mécanismes de gouvernance et de coordination.

Troisièmement, la qualification des fournisseurs apparaît comme un facteur de résilience, dont l'influence sur la performance est indirecte et fortement dépendante du contexte sectoriel. Enfin, les résultats mettent en évidence le rôle central de la gouvernance et des systèmes de mesure de la performance, en soulignant notamment les

limites des indicateurs traditionnels et la nécessité de les adapter aux exigences des supply chains contemporaines.

Dans l'ensemble, ces résultats confirment que la performance des projets de supply chain ne peut être expliquée par des relations simples entre variables, mais qu'elle résulte d'interactions complexes entre infrastructures, technologies et acteurs.

### **5.2.2 Contributions méthodologiques**

Cette recherche apporte plusieurs contributions théoriques à la littérature en gestion des projets de supply chain, en particulier en ce qui concerne le rôle des infrastructures critiques, des outils numériques et des mécanismes organisationnels dans la performance des projets.

Premièrement, les résultats permettent de confirmer la pertinence des approches existantes qui soulignent l'importance des infrastructures critiques et des technologies numériques dans le fonctionnement des chaînes logistiques. Les scores élevés observés pour ces dimensions montrent qu'elles sont largement reconnues comme des éléments structurants des systèmes de supply chain, ce qui s'inscrit dans la continuité des travaux portant sur la résilience et la digitalisation des chaînes d'approvisionnement.

Toutefois, au-delà de cette confirmation, la recherche met en évidence une limite importante des approches traditionnelles. Le décalage observé entre le niveau élevé des antécédents et la performance effective des projets suggère que la relation entre ces variables ne peut être appréhendée de manière linéaire. Cette observation constitue une contribution théorique significative, dans la mesure où elle montre que la performance ne résulte pas directement de la présence de ressources ou de technologies, mais de leur intégration dans des systèmes organisationnels cohérents.

Deuxièmement, cette recherche propose une lecture systémique de la performance des projets de supply chain. Les résultats montrent que les infrastructures critiques, les outils numériques et les fournisseurs ne doivent pas être considérés comme des leviers indépendants, mais comme des composantes interdépendantes d'un système complexe. Cette perspective permet de dépasser les approches fragmentées et d'introduire l'idée que

la performance constitue une propriété émergente résultant des interactions entre ces différentes dimensions.

Troisièmement, la mise en évidence du rôle des systèmes de mesure de la performance et de la gouvernance constitue un apport théorique original. Les résultats montrent que les indicateurs traditionnels sont insuffisants pour capter les dimensions contemporaines de la performance, notamment en matière de résilience, de continuité et de gestion des risques. En intégrant ces éléments dans l'analyse, la recherche contribue à élargir la compréhension de la performance au-delà des approches classiques centrées sur les coûts, les délais et la qualité.

Enfin, cette recherche met en lumière le caractère conditionnel et contextuel des relations entre les variables étudiées. Les résultats montrent que l'influence des fournisseurs, des infrastructures ou des technologies dépend du niveau d'intégration organisationnelle, du secteur d'activité et des mécanismes de gouvernance. Cette observation enrichit la littérature en soulignant que la performance des projets de supply chain doit être analysée dans une perspective contingente, tenant compte des spécificités des environnements organisationnels.

Dans l'ensemble, ces contributions permettent de repositionner la performance des projets de supply chain comme un phénomène systémique, dynamique et contextuel, nécessitant une approche intégrée pour être pleinement compris.

### **5.2.3 Contributions managériales**

Les résultats de cette recherche mettent en évidence plusieurs implications managériales importantes pour les organisations impliquées dans la gestion de projets de supply chain. Ces implications ne portent pas uniquement sur l'adoption de technologies ou le renforcement des infrastructures, mais concernent plus largement la manière dont ces éléments sont intégrés, pilotés et exploités dans les systèmes organisationnels.

Premièrement, les résultats montrent que les investissements dans les infrastructures critiques et les outils numériques, bien que nécessaires, ne suffisent pas à garantir une amélioration de la performance des projets. Les organisations doivent

accorder une attention particulière à l'intégration de ces ressources dans leurs processus opérationnels et décisionnels. Cela implique de développer des mécanismes de coordination efficaces, de renforcer l'interopérabilité des systèmes et de s'assurer que les outils déployés sont réellement utilisés dans la prise de décision quotidienne.

Deuxièmement, la recherche met en évidence la nécessité de repenser les systèmes de mesure de la performance. Les indicateurs traditionnels, centrés sur les coûts, les délais et la qualité, apparaissent insuffisants pour capturer les enjeux contemporains des supply chains, notamment en matière de résilience, de continuité des opérations et de gestion des risques. Les organisations doivent ainsi développer des tableaux de bord intégrant ces dimensions, afin de mieux aligner les objectifs opérationnels avec la réalité des environnements complexes dans lesquels elles évoluent.

Troisièmement, les résultats soulignent le rôle central de la gouvernance dans la transformation des capacités organisationnelles en performance effective. Le renforcement des processus décisionnels, l'intégration des risques liés aux infrastructures et aux systèmes numériques, ainsi que la formalisation des mécanismes de coordination apparaissent comme des leviers essentiels. Cela implique notamment de structurer des dispositifs de gouvernance permettant d'anticiper les perturbations, de coordonner les acteurs et de faciliter la prise de décision dans des contextes incertains.

Quatrièmement, la gestion des fournisseurs doit être envisagée dans une logique de résilience plutôt que de simple optimisation des coûts. Les organisations doivent renforcer leurs pratiques de qualification, d'audit et de suivi des fournisseurs, en intégrant des critères liés à la continuité des opérations, à la cybersécurité et à la capacité d'adaptation. L'adoption de stratégies telles que le multi-sourcing ou le nearshoring peut également contribuer à réduire la vulnérabilité des chaînes d'approvisionnement.

Enfin, les résultats mettent en évidence l'importance d'une approche systémique de la gestion des projets de supply chain. Les décisions ne doivent pas être prises de manière isolée au niveau des infrastructures, des technologies ou des fournisseurs, mais doivent être envisagées dans une logique d'ensemble, tenant compte des interactions entre

ces différentes dimensions. Cette approche permet de mieux aligner les ressources, les processus et les objectifs, et d'améliorer la cohérence globale des projets.

**Tableau 13 Recommandations managériales issues des résultats empiriques**

| #  | Recommandation                                | Priorité    | Ancrage           | Actions concrètes                                                                                                                                                               |
|----|-----------------------------------------------|-------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| R1 | Réforme des indicateurs KPI                   | Urgente     | D.3 : 2,75/5      | Intégrer des indicateurs de résilience, agilité et continuité infrastructurelle dans les tableaux de bord supply chain. Adopter le modèle SCOR étendu.                          |
| R2 | Investissement TIC et cybersécurité           | Prioritaire | A.1 TIC : 4,17    | Renforcer les infrastructures TIC et la protection cyber comme prérequis à la valorisation des outils numériques (lien A → B → D).                                              |
| R3 | Visibilité temps réel comme levier central    | Prioritaire | B.2 : 4,58        | Déployer ou consolider les plateformes de visibilité end-to-end (ERP-TMS-WMS intégrés, IoT, digital twins) comme principal médiateur de la performance.                         |
| R4 | Qualification résiliente des fournisseurs     | Importante  | C.3 audits : 4,17 | Systématiser les audits de résilience, intégrer la cybersécurité fournisseurs (4,00) et développer le multi-sourcing (4,00) dans les politiques d'achat.                        |
| R5 | Gouvernance orientée risques infrastructurels | Importante  | D.4 : 4,17        | Formaliser des comités de revue de risques infrastructurels, créer des processus de décision explicitement orientés continuité et résilience.                                   |
| R6 | Adresser les risques numériques B.3           | Modérée     | B.3 : 3,25        | Traiter l'interopérabilité des systèmes (3,58), la latence (3,25) et la cybersécurité numérique (3,25) comme des risques actifs de performance, pas seulement des problèmes IT. |

## 5.3 Limites de la recherche et perspectives

### 5.3.1 Limites identifiées

Malgré les apports de cette recherche, plusieurs limites doivent être prises en compte afin de situer la portée des résultats et d'en encadrer l'interprétation.

Tout d'abord, la taille de l'échantillon constitue une limite importante. L'étude repose sur un panel de douze répondants, ce qui ne permet pas une généralisation statistique des résultats à l'ensemble des organisations. Toutefois, le niveau d'expérience

élevé des participants et la diversité des secteurs représentés permettent de considérer les résultats comme pertinents dans une perspective exploratoire et analytique. Ils offrent ainsi des indications sur des tendances et des mécanismes observables dans des environnements complexes de supply chain.

Ensuite, la recherche repose sur des données perceptuelles issues de questionnaires. Les résultats reflètent donc les perceptions des répondants, qui peuvent être influencées par leur expérience, leur contexte organisationnel ou leurs biais individuels. Cette approche ne permet pas de mesurer directement la performance objective des projets, mais elle offre néanmoins un éclairage pertinent sur la manière dont les acteurs perçoivent les facteurs influençant cette performance.

Par ailleurs, certaines dimensions du modèle conceptuel n'ont pas pu être testées empiriquement. C'est notamment le cas des hypothèses relatives à la complexité des réseaux logistiques, pour lesquelles les indicateurs nécessaires n'ont pas été intégrés dans l'instrument de collecte. Cette limitation met en évidence un écart entre le cadre théorique et l'opérationnalisation empirique, et souligne la nécessité de développer des instruments de mesure plus complets dans de futures recherches.

Une autre limite concerne l'hétérogénéité des secteurs représentés dans l'échantillon. Si cette diversité constitue un atout pour identifier des tendances transversales, elle peut également introduire des variations dans les résultats, notamment en ce qui concerne le rôle des fournisseurs ou la criticité des infrastructures. Les relations observées doivent donc être interprétées en tenant compte de ces différences contextuelles.

Enfin, la nature transversale de l'étude limite la capacité à analyser l'évolution des relations entre les variables dans le temps. Les résultats offrent une photographie à un moment donné, sans permettre d'observer les dynamiques d'adaptation, d'apprentissage ou de transformation organisationnelle qui peuvent influencer la performance des projets de supply chain sur le long terme.

Dans l'ensemble, ces limites n'invalident pas les résultats de la recherche, mais invitent à les interpréter avec prudence et à les considérer comme des éléments contribuant

à une meilleure compréhension des mécanismes étudiés, plutôt que comme des conclusions définitives.

### **5.3.2 Pistes de recherche futures**

Les limites identifiées dans cette recherche ouvrent plusieurs perspectives de recherche permettant d'approfondir et d'enrichir la compréhension de la performance des projets de supply chain.

Tout d'abord, une première piste consiste à élargir la taille de l'échantillon et à adopter une approche quantitative plus robuste. L'intégration d'un plus grand nombre de répondants permettrait de tester statistiquement les relations entre les variables du modèle conceptuel et de renforcer la validité externe des résultats. Une telle approche pourrait également permettre d'identifier des différences significatives entre secteurs d'activité ou types d'organisations.

Ensuite, il serait pertinent de développer des instruments de mesure plus complets, notamment en intégrant des indicateurs relatifs à la complexité des réseaux logistiques. L'opérationnalisation des dimensions de complexité statique et dynamique permettrait de mieux comprendre leur rôle dans la performance des projets et de compléter le modèle proposé dans ce mémoire.

Une autre perspective importante concerne la réalisation d'études longitudinales. L'analyse de la performance des projets de supply chain sur une période prolongée permettrait d'observer les dynamiques d'évolution, d'adaptation et d'apprentissage organisationnel. Cela offrirait une meilleure compréhension des effets différés des investissements en infrastructures critiques et en outils numériques.

Par ailleurs, des recherches futures pourraient approfondir le rôle des mécanismes de gouvernance et des systèmes de mesure de la performance. L'identification et la validation de nouveaux indicateurs intégrant des dimensions telles que la résilience, la continuité des opérations et la gestion des risques constitueraient une contribution importante pour la littérature et pour les pratiques managériales.

Il serait également pertinent d'explorer plus en profondeur les interactions entre les différentes dimensions du modèle, notamment à travers des approches qualitatives telles que des études de cas. Ces travaux permettraient d'analyser les mécanismes d'intégration entre infrastructures, technologies et fournisseurs dans des contextes organisationnels spécifiques.

Enfin, une perspective de recherche intéressante consisterait à étudier l'impact des nouvelles technologies émergentes, telles que l'intelligence artificielle, les jumeaux numériques ou la blockchain, sur la performance des projets de supply chain. Ces technologies pourraient transformer les modes de gestion des flux, des risques et des décisions, et ainsi modifier les relations identifiées dans ce mémoire.

Dans l'ensemble, ces perspectives de recherche montrent que la performance des projets de supply chain constitue un champ d'étude en évolution, nécessitant des approches interdisciplinaires et des analyses approfondies pour en saisir toute la complexité.

## **5.4 Réflexions finales : les infrastructures critiques au cœur de la performance durable**

Ce mémoire a tenté de répondre à une question apparemment technique mais profondément stratégique : comment les organisations peuvent-elles maintenir et améliorer la performance de leurs projets supply chain dans un monde où les infrastructures autrefois perçues comme des acquis sont devenues des variables de performance à part entière ?

La réponse empirique que propose ce mémoire est à la fois rassurante et exigeante. Rassurante, parce qu'il existe un consensus fort parmi les professionnels interrogés sur les leviers à activer : les TIC (4,17), la visibilité numérique (4,58), la gouvernance (4,17) et les pratiques de qualification fournisseurs (audits 4,17 ; nearshoring 4,33) sont des solutions reconnues et valorisées. Exigeante, parce que la performance réalisée (3,42) reste inférieure au potentiel des antécédents mobilisés révélant que la connaissance des



leviers ne suffit pas : il faut aussi des mécanismes de traduction, des indicateurs adaptés et une gouvernance réellement orientée résilience.

Le paradoxe central de ce mémoire peut se formuler ainsi : nous sommes dans une ère où les organisations disposent des outils numériques les plus puissants de l'histoire pour gérer leurs supply chains, et pourtant la performance perçue reste modérément satisfaisante. Ce paradoxe pointe non pas vers un échec technologique, mais vers un défi organisationnel et institutionnel : celui d'aligner la stratégie, les processus, les indicateurs et la culture sur une nouvelle réalité infrastructurelle où la cybersécurité, la redondance énergétique et la résilience fournisseurs ne sont plus des options, mais des conditions de survie opérationnelle.

En définitive, ce mémoire contribue à construire la connaissance dans un domaine en rapide évolution, à l'intersection de la gestion de projet, de la chaîne logistique et des infrastructures critiques. Les résultats obtenus, malgré les limites d'un échantillon restreint, ouvrent des perspectives de recherche riches et offrent des recommandations concrètes aux praticiens confrontés quotidiennement aux défis de la résilience opérationnelle. C'est là, dans cette articulation entre théorie et pratique, que réside la finalité première d'un mémoire de maîtrise en gestion.

## BIBLIOGRAPHIE

- Aljoghaiman, A., & Ghouri, A. M. (2024). Management Information System and Digital Supply Chain Influence on Supply Chain Resilience through Supply Chain Risk Management. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CONSTRUCTION SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*, 14(1), 96-118.
- Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European journal of operational research*, 253(1), 1-13.
- Barykin, S. E., Strimovskaya, A. V., Sergeev, S. M., Borisoglebskaya, L. N., Dedyukhina, N., Sklyarov, I., Sklyarova, J., & Saychenko, L. (2023). Smart city logistics on the basis of digital tools for ESG goals achievement. *Sustainability*, 15(6), 5507.
- Barykin, S. Y., Kapustina, I. V., Kirillova, T. V., Yadykin, V. K., & Konnikov, Y. A. (2020). Economics of digital ecosystems. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), 124.
- Benmalek, M. Internet of Things and Cyber-Physical Systems. *networks*, 15, 17.
- Bhaskar, R. (2013). *A realist theory of science*. Routledge.
- Bourne, M., Franco-Santos, M., Micheli, P., & Pavlov, A. (2018). Performance measurement and management: a system of systems perspective. *International journal of production research*, 56(8), 2788-2799.
- Bozarth, C. C., Warsing, D. P., Flynn, B. B., & Flynn, E. J. (2009). The impact of supply chain complexity on manufacturing plant performance. *Journal of operations management*, 27(1), 78-93.
- Bronk, C., & Conklin, W. A. (2022). Who's in charge and how does it work? US cybersecurity of critical infrastructure. *Journal of Cyber Policy*, 7(2), 155-174.
- Brusset, X., & Teller, C. (2017). Supply chain capabilities, risks, and resilience. *International Journal of Production Economics*, 184, 59-68.
- Buldyrev, S. V., Parshani, R., Paul, G., Stanley, H. E., & Havlin, S. (2010). Catastrophic cascade of failures in interdependent networks. *Nature*, 464(7291), 1025-1028.
- Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *International journal of physical distribution & logistics management*, 38(5), 360-387.
- Chaiyasoonthorn, S., Mitatha, S., Siripongdee, S., Wiboonrat, M., & Sriudomsilp, T. (2024). Cybersecurity for Industrial Control Systems. 2024 9th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM),
- Chen, C.-H. (2021). A hybrid multi-criteria decision-making approach based on ANP-entropy TOPSIS for building materials supplier selection. *Entropy*, 23(12), 1597.
- Choi, T. Y., Rogers, D., & Vakil, B. (2020). Coronavirus is a wake-up call for supply chain management. *Harvard Business Review*, 27(1), 364-398.

- Chopra, S., & Meindl, P. (2001). Strategy, planning, and operation. *Supply Chain Management*, 15(5), 71-85.
- Chopra, S., & Sodhi, M. (2014). Reducing the risk of supply chain disruptions. *MIT Sloan management review*, 55(3), 73-80.
- Christopher, M. (2016). *Logistics and supply chain management: logistics & supply chain management*. Pearson UK.
- Christopher, M., & Holweg, M. (2011). "Supply Chain 2.0": Managing supply chains in the era of turbulence. *International journal of physical distribution & logistics management*, 41(1), 63-82.
- Christopher, M., Lowson, R., & Peck, H. (2004). Creating agile supply chains in the fashion industry. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 32(8), 367-376.
- Christopher, M., & Towill, D. (2001). An integrated model for the design of agile supply chains. *International journal of physical distribution & logistics management*, 31(4), 235-246.
- Cooper, M. (2024). Building Resilient Supply Chains: Perspectives on Procurement Risk Management. In: Preprints.
- Cousins, P. D., Lawson, B., & Squire, B. (2006). Supply chain management: theory and practice—the emergence of an academic discipline? *International Journal of Operations & Production Management*, 26(7), 697-702.
- Craighead, C. W., Blackhurst, J., Rungtusanatham, M. J., & Handfield, R. B. (2007). The severity of supply chain disruptions: design characteristics and mitigation capabilities. *Decision sciences*, 38(1), 131-156.
- Crask, J. (2024). *Business continuity management: A practical guide to organization resilience and ISO 22301*. Kogan Page Publishers.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Darvazeh, S. S., Mooseloo, F. M., Vandchali, H. R., Tomaskova, H., & Tirkolaee, E. B. (2022). An integrated multi-criteria decision-making approach to optimize the number of leagile-sustainable suppliers in supply chains. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(44), 66979-67001.
- Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of purchasing*, 2(1), 5-17.
- Disney, S. M., & Towill, D. R. (2003). Vendor-managed inventory and bullwhip reduction in a two-level supply chain. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(6), 625-651.
- Fattahi, M., Govindan, K., & Maihami, R. (2020). Stochastic optimization of disruption-driven supply chain network design with a new resilience metric. *International Journal of Production Economics*, 230, 107755.

- Fosso Wamba, S., Akter, S., & de Bourmont, M. (2019). Quality dominant logic in big data analytics and firm performance. *Business Process Management Journal*, 25(3), 512-532.
- Gao, Q., Guo, S., Liu, X., Manogaran, G., Chilamkurti, N., & Kadry, S. (2020). Simulation analysis of supply chain risk management system based on IoT information platform. *Enterprise Information Systems*, 14(9-10), 1354-1378.
- Gattiker, T. F., & Goodhue, D. L. (2005). What happens after ERP implementation: understanding the impact of interdependence and differentiation on plant-level outcomes. *MIS quarterly*, 559-585.
- Ghaleb, M. M. S., & Sundram, V. P. K. (2024). Impact of Supply Chain Complexity on Supply Chain Performance: Moderating Role of Information Technology Infrastructure. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CONSTRUCTION SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*, 14(1), 1-21.
- Goodell, J. W., & Corbet, S. (2023). Commodity market exposure to energy-firm distress: Evidence from the Colonial Pipeline ransomware attack. *Finance Research Letters*, 51, 103329.
- Govindan, K., Rajendran, S., Sarkis, J., & Murugesan, P. (2015). Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review. *Journal of cleaner production*, 98, 66-83.
- Gunasekaran, A., & Ngai, E. W. (2004). Information systems in supply chain integration and management. *European journal of operational research*, 159(2), 269-295.
- Gunasekaran, A., Subramanian, N., & Papadopoulos, T. (2017). Information technology for competitive advantage within logistics and supply chains: A review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 99, 14-33.
- Hair Jr, J., Page, M., & Brunsveld, N. (2019). *Essentials of business research methods*. Routledge.
- Handfield, R. B., Graham, G., & Burns, L. (2020). Corona virus, tariffs, trade wars and supply chain evolutionary design. *International Journal of Operations & Production Management*, 40(10), 1649-1660.
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European journal of operational research*, 202(1), 16-24.
- Hokstad, P., Utne, I. B., & Vatn, J. (2012). *Risk and interdependencies in critical infrastructures*. Springer.
- Hosseini, S., Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Ripple effect modelling of supplier disruption: integrated Markov chain and dynamic Bayesian network approach. *International journal of production research*, 58(11), 3284-3303.
- Hutchins, G. (2018). *ISO 31000: 2018 enterprise risk management*. Greg Hutchins.
- Institute, P. M. (2021). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)–Seventh Edition and The Standard for Project Management.

- Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 136, 101922.
- Ivanov, D. (2021). Supply chain viability and the COVID-19 pandemic: a conceptual and formal generalisation of four major adaptation strategies. *International journal of production research*, 59(12), 3535-3552.
- Ivanov, D. (2024). Exiting the COVID-19 pandemic: After-shock risks and avoidance of disruption tails in supply chains. *Annals of operations research*, 335(3), 1627-1644.
- Ivanov, D. (2025). A survey of system-cybernetic principles in supply chain resilience: viability, artificial intelligence, digital twins, and ecosystems. *International Journal of Systems Science*, 1-16.
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak. *International journal of production research*, 58(10), 2904-2915.
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 32(9), 775-788.
- Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B., Werner, F., & Ivanova, M. (2016). A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. *International journal of production research*, 54(2), 386-402.
- Johnson, O., Brown, W., & Wilson, G. (2024). The Role of Big Data Analytics in Retail Marketing and Supply Chain Optimization. *Revista Preprints*, 1, 1-16.
- Kamalahmadi, M., & Parast, M. M. (2016). A review of the literature on the principles of enterprise and supply chain resilience: Major findings and directions for future research. *International journal of production economics*, 171, 116-133.
- Kerzner, H. (2003). *Project management: A systems approach to planning*. John Wiley & Sons New Jersey, USA.
- Kerzner, H., & Saladis, F. P. (2017). *Project management workbook and PMP/CAPM exam study guide*. John Wiley & Sons.
- Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues in supply chain management. *Industrial marketing management*, 29(1), 65-83.
- Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). The bullwhip effect in supply chains.
- Love, P. E., & Ika, L. A. (2026). Towards a pragmatist theory of systemic mis-performance in transport infrastructure engineer-to-order supply chains. *Production Planning & Control*, 1-24.
- Mead, N. R. (2022). Critical infrastructure protection and supply chain risk management. 2022 IEEE 30th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW),

- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business logistics*, 22(2), 1-25.
- Nguyen, D. T., Adulyasak, Y., Cordeau, J.-F., & Ponce, S. I. (2022). Data-driven operations and supply chain management: established research clusters from 2000 to early 2020. *International journal of production research*, 60(17), 5407-5431.
- Ouyang, M. (2014). Review on modeling and simulation of interdependent critical infrastructure systems. *Reliability engineering & System safety*, 121, 43-60.
- Pettit, T. J., Fiksel, J., & Croxton, K. L. (2010). Ensuring supply chain resilience: development of a conceptual framework. *Journal of Business logistics*, 31(1), 1-21.
- Ponomarev, S. Y., & Holcomb, M. C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The international journal of logistics management*, 20(1), 124-143.
- Pursiainen, C., & Kytömaa, E. (2023). From European critical infrastructure protection to the resilience of European critical entities: what does it mean? *Sustainable and Resilient infrastructure*, 8(sup1), 85-101.
- Québec, O. d. i. d. (2026). Rapport sur la crise des infrastructures publiques au Québec.
- Rachid, Z., BAHIDA, H., ABRIANE, A., & EL KOTBI, M. (2024). Social CRM and customer relationship performance: A bibliometric analysis of literature. *Repères et Perspectives Economiques*, 8(1), 241-258.
- Rauniyar, K., Wu, X., Gupta, S., Modgil, S., & Kumar, A. (2024). Digitizing global supply chains through blockchain. *Production Planning & Control*, 35(16), 2327-2348.
- Rinaldi, S. M., Peerenboom, J. P., & Kelly, T. K. (2001). Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. *IEEE control systems magazine*, 21(6), 11-25.
- Roman, E.-A., Stere, A.-S., Roșca, E., Radu, A.-V., Codroiu, D., & Anamaria, I. (2025). State of the Art of Digital Twins in Improving Supply Chain Resilience. *Logistics* (2305-6290), 9(1).
- Sanders, N. R. (2016). How to use big data to drive your supply chain. *California management review*, 58(3), 26-48.
- Sarkis, J. (2020). Supply chain sustainability: learning from the COVID-19 pandemic. *International Journal of Operations & Production Management*, 41(1), 63-73.
- Sawik, T. (2013). Selection of resilient supply portfolio under disruption risks. *Omega*, 41(2), 259-269.
- Sectors, C. I. (2020). Critical infrastructure sectors. *Cybersecurity & Infrastructure Security Agency*.
- Seifert, D. (2003). *Collaborative planning, forecasting, and replenishment: How to create a supply chain advantage*. AMACOM Div American Mgmt Assn.
- Sheffi, Y. (2020). *The new (ab) normal: Reshaping business and supply chain strategy beyond Covid-19*. Mit Ctl Media.

- Sheffi, Y., & Rice Jr, J. B. (2005). A supply chain view of the resilient enterprise. *MIT Sloan management review*.
- Shenhar, A. J., & Dvir, D. (2007). *Reinventing project management: the diamond approach to successful growth and innovation*. Harvard Business Review Press.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Thomas, D. J. (2016). *Inventory and production management in supply chains*. CRC press.
- Somers, T. M., & Nelson, K. (2001). The impact of critical success factors across the stages of enterprise resource planning implementations. Proceedings of the 34th annual Hawaii international conference on system sciences,
- Teece, D. J. (2017). Dynamic capabilities and (digital) platform lifecycles. In *Entrepreneurship, innovation, and platforms* (Vol. 37, pp. 211-225). Emerald Publishing Limited.
- Too, E. G., & Weaver, P. (2014). The management of project management: A conceptual framework for project governance. *International journal of project management*, 32(8), 1382-1394.
- Tuomikangas, N., & Kaipia, R. (2014). A coordination framework for sales and operations planning (S&OP): Synthesis from the literature. *International Journal of Production Economics*, 154, 243-262.
- Weaver, G. A., Feddersen, B., Marla, L., Wei, D., Rose, A., & Van Moer, M. (2022). Estimating economic losses from cyber-attacks on shipping ports: An optimization-based approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 137, 103423.
- 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.
- Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, industry 4.0—innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia engineering*, 182, 763-769.
- Yenugula, M., Sahoo, S., & Goswami, S. (2023). Cloud computing in supply chain management: Exploring the relationship. *Management Science Letters*, 13(3), 193-210.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications* (Vol. 6). Sage Thousand Oaks, CA.

## **ANNEXE A : Questionnaire**

### **PERFORMANCE DU PROJET DE SUPPLY CHAIN: L'IMPORTANCE D'INFRASTRUCTURES CRITIQUES**

Merci de prendre part à cette étude menée dans le cadre d'un mémoire de maîtrise en gestion de projet à l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR). Votre participation est essentielle à la qualité et à la pertinence de cette recherche.

Dans un contexte où les chaînes d'approvisionnement deviennent de plus en plus dépendantes des infrastructures physiques (transport, énergie, entrepôts), numériques (ERP, TMS, WMS, IoT, cybersécurité) et organisationnelles (gouvernance, normes, fournisseurs), les projets qui y sont associés sont exposés à des risques croissants et à une complexité opérationnelle accrue. Comprendre ces dynamiques est crucial pour renforcer la performance, la résilience et la capacité d'innovation des organisations modernes.

Les informations recueillies demeurent strictement anonymes, confidentielles et seront utilisées exclusivement à des fins académiques.

Nous vous remercions sincèrement pour votre temps, votre collaboration et votre précieuse contribution à cette recherche.

#### **SECTION 1 PROFIL DU RÉPONDANT**

1. Votre rôle actuel :

- ☐ Gestionnaire de projet
- ☐ Responsable supply chain / opérations
- ☐ Ingénieur / analyste
- ☐ Responsable TI / Systèmes numériques
- ☐ Gestionnaire des achats / fournisseurs
- ☐ Autre

2. Années d'expérience :

- ☐ 0-3 ans
- ☐ 4-7 ans



- ☐ 8–12 ans
- ☐ 13–20 ans
- ☐ 20+ ans

3. Secteur d'activité :

- ☐ Manufacturing / industrie
- ☐ Logistique / Transport
- ☐ Construction / infrastructures
- ☐ TI / Systèmes numériques
- ☐ Énergie / Services essentiels
- ☐ Aéronautique
- ☐ Automobile
- ☐ Industrie alimentaire
- ☐ Autre

4. Avez-vous déjà participé à un projet supply chain ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

5. Êtes-vous exposé aux infrastructures critiques ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

## SECTION 2 INFRASTRUCTURES CRITIQUES (A)

### A.1 Sous-secteurs d'infrastructures déterminants

L'énergie (électricité, alimentation continue, groupes de secours) est un facteur déterminant pour nos projets supply chain.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

Les infrastructures de transport (routes, ports, aéroports, hubs) influencent fortement la réussite des projets.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

Les infrastructures TIC (réseaux, internet, data centers) sont critiques pour la performance des projets.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

La cybersécurité (pare-feu, protection des SI, détection d'intrusion) est un élément indispensable au succès des projets.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

## **A.2 Dimensions d'évaluation des infrastructures**

La disponibilité des infrastructures est un critère clé pour exécuter les projets.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

La redondance (backup, basculement automatique) est nécessaire pour garantir la continuité.

- ☐ Pas du tout d'accord

- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

L'interopérabilité des infrastructures (compatibilité des systèmes) influence fortement l'efficacité des projets.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

La scalabilité (capacité à supporter une charge variable) est importante dans nos projets.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

### **A.3 Interdépendance & risques**

Les projets sont exposés à des risques liés aux pannes d'infrastructure.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

Les risques de congestion (transport, logistique, réseaux) affectent le déroulement des projets.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord

- ☐ Tout à fait d'accord

Les cyberattaques représentent une menace réelle pour nos projets.

- ☐ Pas du tout d'accord  
☐ Plutôt pas d'accord  
☐ Ni d'accord ni pas d'accord  
☐ plutôt d'accord  
☐ Tout à fait d'accord

Nos projets sont vulnérables en raison de l'interdépendance entre plusieurs infrastructures.

- ☐ Pas du tout d'accord  
☐ Plutôt pas d'accord  
☐ Ni d'accord ni pas d'accord  
☐ plutôt d'accord  
☐ Tout à fait d'accord

#### **A.4 Facteurs de contingence**

Les projets très complexes sont plus sensibles aux faiblesses d'infrastructures.

- ☐ Pas du tout d'accord  
☐ Plutôt pas d'accord  
☐ Ni d'accord ni pas d'accord  
☐ plutôt d'accord  
☐ Tout à fait d'accord

Les projets critiques (impact élevé) nécessitent des infrastructures plus robustes.

- ☐ Pas du tout d'accord  
☐ Plutôt pas d'accord  
☐ Ni d'accord ni pas d'accord  
☐ plutôt d'accord  
☐ Tout à fait d'accord

### **SECTION 3 OUTILS NUMÉRIQUES DE LA SUPPLY CHAIN (B)**

#### **B.1 Configurations technologiques (cloud, edge, on-premise)**

- **Cloud** : hébergées à distance par un fournisseur tiers
- **On-premise** : installée physiquement dans les locaux de l'entreprise.

Les solutions cloud sont adaptées aux besoins de nos projets.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

Les solutions on-premise restent essentielles pour certaines opérations critiques.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

L'edge computing (traitement local en périphérie) est pertinent pour nos activités.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

## **B.2 Mécanismes de performance**

Les outils numériques améliorent la visibilité en temps réel.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

L'intégration des systèmes (ERP-TMS-WMS-APS) facilite la coordination.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen

- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

L'analytique avancée (IA, prédictif) contribue à de meilleures décisions projet.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

L'automatisation des processus favorise la réduction des erreurs et les retards.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

### **B.3 Risques numériques**

La latence réseau nuit parfois à l'efficacité des outils numériques.

- **Latence réseau:** délai de transmission des données

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

Les risques de cybersécurité associés aux outils numériques sont préoccupants.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

L'absence d'interopérabilité entre systèmes crée des inefficiences.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

#### **B.4 Maturité numérique**

Le niveau de maturité numérique de notre organisation influence la performance des projets.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

Les projets sont plus performants lorsque l'organisation dispose d'outils numériques avancés.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

### **SECTION 4 SÉLECTION ET QUALIFICATION DES FOURNISSEURS (C)**

#### **C.1 Critères de résilience infrastructurelle**

Les fournisseurs doivent disposer d'un plan de continuité (BCP).

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

La cybersécurité des fournisseurs est un critère d'évaluation important.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

La capacité de basculement (backup, alternatives) est essentielle chez les fournisseurs.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

## **C.2 Poids des critères**

Les critères de résilience devraient avoir un poids aussi important que le coût/qualité/délai.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

Les décisions d'attribution devraient intégrer davantage des critères d'infrastructure.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

## **C.3 Méthodes d'évaluation**

Les audits fournisseurs sont nécessaires pour évaluer leur fiabilité.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord



Les certifications (ISO, cybersécurité, qualité) sont de bons indicateurs de performance.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

Les stress-tests sont pertinents pour mesurer la capacité de résilience.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

#### **C.4 Structure de la base fournisseurs**

Le multi-sourcing améliore la performance et la résilience des projets.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

Le nearshoring/farshoring influence les risques et la performance projet.

- ☐ Pas du tout d'accord
- ☐ Plutôt pas d'accord
- ☐ Ni d'accord ni pas d'accord
- ☐ plutôt d'accord
- ☐ Tout à fait d'accord

### **SECTION 5 PERFORMANCE DES PROJETS (OBJECTIF D)**

#### **D.1 Dimensions & métriques**

Dans quelle mesure le projet a-t-il atteint les performances suivantes :

Respect des coûts ; Respect des délais ; Qualité des livrables ; Satisfaction des parties prenantes ;

Performance opérationnelle continue (résilience) et Création de valeur du projet.

Tous les éléments:

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

## **D.2 Liens causaux**

Les infrastructures critiques influencent directement la performance du projet.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

Les outils numériques renforcent ou affaiblissent l'effet des infrastructures sur la performance.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

La qualification des fournisseurs joue un rôle déterminant dans la performance du projet.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

## **D.3 Opérationnalisation**

Les indicateurs actuels utilisés dans l'organisation sont adéquats pour mesurer la performance des projets.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

De nouveaux indicateurs devraient être intégrés pour mieux mesurer la performance supply chain.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

#### **D.4 Gouvernance & implications**

La gouvernance du projet influence significativement la performance globale.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé

Les organisations devraient renforcer les processus de décision pour mieux intégrer les risques d'infrastructure.

- ☐ Faible Négligeable
- ☐ Plutôt Faible
- ☐ Moyen
- ☐ Plutôt Élevé
- ☐ Élevé