

CHANGEMENTS DANS LES CONDITIONS DU MARCHÉ INTERNATIONAL : ESSAI SUR LA RÉSILIENCE DES PORTS DE VRAC ET PERSPECTIVES AU CANADA

Magali Amiel, IBI Group;
Claude Comtois, Université de Montréal;
Michael E. Kieran, IBI Group.

Introduction

Les changements dans les conditions du marché international, notamment par les stratégies d’approvisionnement et d’acheminement des marchandises, ainsi que l’augmentation croissante des mesures de sûreté et de sécurité ont un impact majeur sur la capacité de résilience des terminaux et des réseaux/systèmes de transport.

La résilience des infrastructures et des réseaux est l’élément pivot pour assurer la continuité de la fluidité des échanges. Le présent s’article aborde le concept de résilience et propose une réflexion sur la résilience du système de transport maritime suivi d’une réflexion sur les défis qui attendent les ports de vrac au Canada.

Concept de résilience et son application au transport de marchandises

La résilience est étudiée dans de nombreux domaines d’application. L’analyse des différents concepts met en exergue une définition commune constituante à définir la résilience comme *la capacité de mettre en place et d’appliquer un ou des processus spécifiques pour répondre à des menaces, chocs ou incident sur l’individu ou le système/domaine d’application* (Tableau 1).

Tableau 1 : Les définitions de la résilience par domaine d'application

Domaine	Concept associé
Étymologie	Capacité de rebondir, de résister à la déformation
Physique	Capacité mécanique qui définit la résistance aux chocs des matériaux
Écologie	Capacité d'absorber une perturbation sans changer d'état
Informatique	Capacité d'adaptabilité en cas de perturbation dans un système
Gestion des risques	Capacité d'accroître la résistance et la régénération des systèmes techniques et sociaux
Économie	Capacité à surmonter rapidement les chocs et perturbations
Développement durable	Capacité de conciliation entre les différents acteurs et intérêts, soutenue par les relations d'interdépendance entre ces différents éléments
Transport (général)	Capacité d'un système à restaurer le service de transports, suite à une rupture, le plus rapidement possible en minimisant la durée d'immobilisation des passagers et marchandises

Chaque domaine d'application a adapté le concept de résilience en fonction de ses caractéristiques propres. Dans les domaines de la gestion des risques, de l'économie, du développement durable et des transports, les dernières avancées portent sur l'intégration de la notion de système à la capacité de résilience. Au départ la résilience portait sur la capacité de répondre d'une composante à une menace dans le système. Toutefois, les risques d'interférence sur le système dans son ensemble étant grande, les recherches commencent à s'intéresser à la

capacité de résilience du système dans son ensemble. Dans cette optique, la résilience est la capacité d'un système à pouvoir intégrer dans son fonctionnement des événements soudains (perturbations, chocs, accidents) tout en continuant à maintenir la structure des services (livraisons, chargement-déchargements...) et assurer leurs continuités tout en intégrant les transformations (adaptabilité, flexibilité) et les évolutions.

Définition pour le transport des marchandises

Le concept de résilience dans le domaine des transports en général s'adresse principalement à la capacité de réagir en cas d'événements majeurs comme l'évacuation des passagers, le terrorisme et la gestion des crises lors de catastrophes naturelles majeures (CSS-ETH Zurich, 2009). La résilience est également mesurée pour la performance des systèmes de transports intermodaux (Zhang, Jin, 2009), ces recherches traitent de la résilience des volets macro et micro économique afin de réaliser des économies d'échelles ainsi que pour améliorer la gestion des coûts de transport.

Dans les volets de la chaîne d'approvisionnement et de distribution des marchandises la définition et l'application du concept de résilience exigent l'intégration des réseaux tentaculaires superposant systèmes d'informations, systèmes de transports et de distribution dans un souci de juste à temps et de porte à porte.

La résilience est aussi, et surtout, une composante majeure au quotidien pour les acteurs de l'industrie du transport des marchandises. Les coûts résultants des déficits de fonctionnements, des retards sur les réseaux ou de l'absence de flexibilité en cas d'imprévus engendrent des coûts importants pour les gestionnaires.

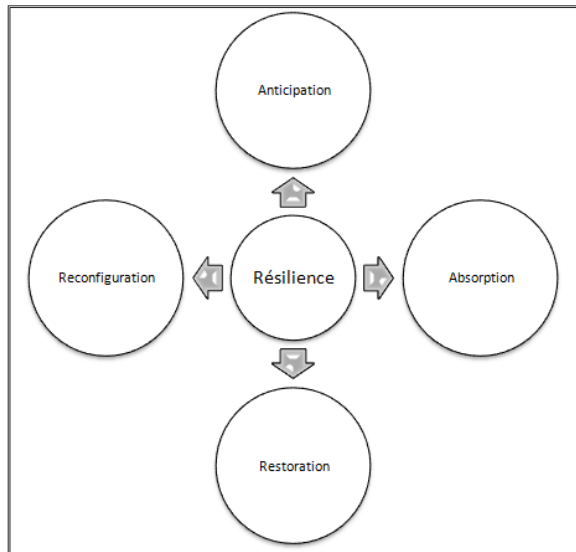
Les quatre grandes composantes de la résilience du transport des marchandises généralement acceptées sont :

- *Les infrastructures physiques* (ex : ports, gares, chemins de fer, entrepôts, centres de traitement et d'expéditions...)
- *Les infrastructures d'information* (ex : traceur pour suivre les expéditions, traitement des ordres de commande en ligne, suivi des bateaux/trains/avions/camions en temps réel, feuille de connaissance des expéditions...)

- *Les utilisateurs d'infrastructure* (ex : expéditeurs, transitaires logistiques, clients...)
- *Les gestionnaires d'infrastructure* (ex : Maître de port, directeur, gestionnaires...)

Figure 1 : Les principaux axes de la résilience

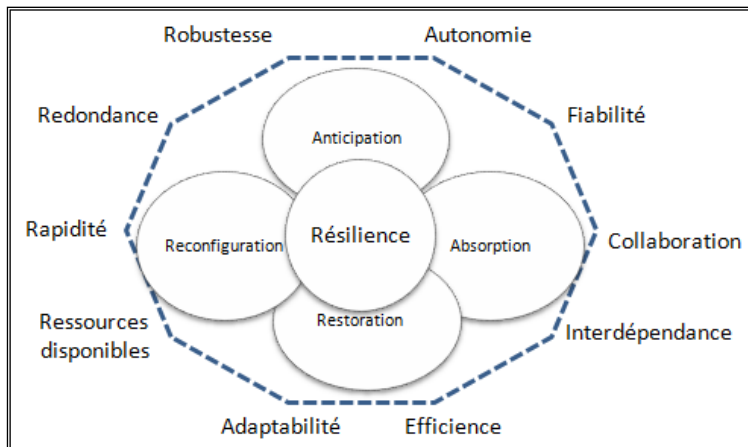
Afin de mesurer la capacité des composantes précédemment citées, les recherches sur la résilience ont permis de définir quatre principaux axes pour définir la capacité de résilience: l'anticipation, l'absorption, la restauration et la reconfiguration. Ils permettent de mesurer l'adaptation du système suite à un évènement perturbateur (Madni&Jackson, 2009).



L'analyse des axes principaux couplée à celle des composantes de la résilience pour le transport des marchandises a permis de déterminer des éléments qualitatifs pour mesurer la capacité d'anticipation, d'absorption, de restauration et de reconfiguration de chacune des composantes (infrastructure de transport, infrastructure d'information, utilisateurs d'infrastructure et gestionnaires d'infrastructure).

Ces éléments (Figure 2) sont régulièrement utilisés par les gestionnaires des ports, des compagnies maritimes, des transitaires pour mesurer les risques de leurs activités. La gestion des risques permet de dresser un état des lieux des risques et menaces. Dans le concept de résilience, la gestion des risques doit être étendue à l'échelle du système de transport.

Figure 2 : Éléments qualitatifs mesurant la résilience du système



La mesure de la résilience des infrastructures de transport est un domaine largement étudié, notamment par la gestion des risques, les indicateurs de performance et de compétitivité des infrastructures. Les infrastructures sont soumises à des événements/ aléas qui ont des impacts majeurs sur leur résilience (grèves, accidents...) et sur la fluidité des échanges. Afin d'assurer la continuité de la fluidité des échanges et de permettre aux infrastructures de recouvrir leur capacité à assurer leur niveau service, il faut que la résilience du système dans son ensemble soit efficace.

Ainsi, la mesure du temps nécessaire au système pour retrouver son état de fonctionnement normal après un incident sur le réseau est la variable la plus importante pour déterminer la résilience du système. Elle estime la rapidité à laquelle le réseau/système est capable de retrouver son niveau de service complet.

Exemples de stratégie d'atténuation dans le domaine maritime

La résilience dans le domaine maritime est un exercice qui implique de naviguer entre les différentes échelles géographiques (physique) et plusieurs contraintes de gestion/planification de la chaîne logistique qui fonctionnent suivant leur propre échelle (réseaux complexes et

virtuels). Les composantes doivent également gérer les stress qui surviennent dans le système (Tableau 2).

Tableau 2 : Exemple de stress et stratégie d'atténuation dans un système de transport maritime

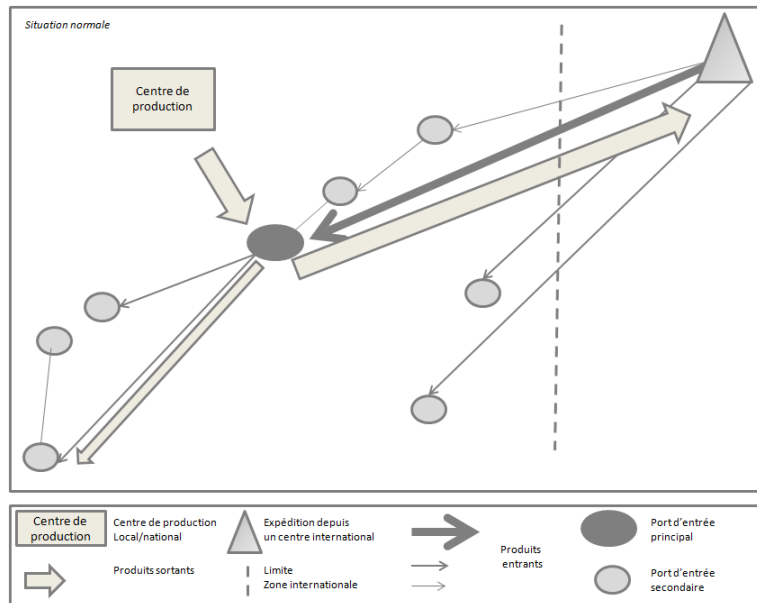
	Au port	Dans le réseau
Exemple de stress	Grève qui empêche les bateaux d'arrimer	Rupture de production dans le pays expéditeur
Stratégie d'atténuation	Assurer la fluidité de l'acheminement du cargo sur le réseau en permettant aux bateaux d'arrimer dans un autre port du système	Ralentir la fréquence des échanges, et garantir la disponibilité des bateaux lors de la reprise des activités.

Les réactions aux stress sont différentes si elles s'appliquent uniquement au port ou si elles s'étendent à l'ensemble du réseau. La difficulté est d'assurer une cohérence dans les décisions qui sont prises tant au port que dans le réseau afin de minimiser les ruptures dans les mouvements de marchandises et d'adapter adéquatement les redirections dans le système en fonction des capacités des routes et des ports.

Dans la section subséquente, la résilience d'un système de transport est présentée en fonction de trois situations : 1) situation normale; 2) événement lors d'un flux entrant dans le système; 3) événement lors d'un flux sortant dans le système. L'analyse de ces situations permet par la suite de proposer un modèle pour mesurer la résilience du système de transport dans son ensemble.

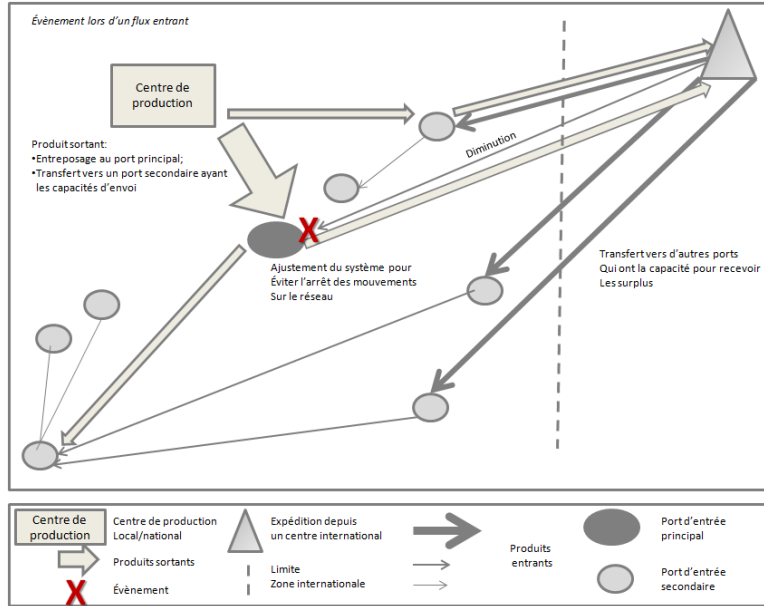
Modèles proposés pour la résilience d'un système de transport

1) Situation normale dans le système (Figure 3)



La figure 3 illustre une situation normale pour un système de transport maritime. La majeure partie des produits entrants sont dirigés vers le port principal et des liens sont assurés avec des ports secondaires en fonction des besoins de transport et de la destination des marchandises. Les produits sortants sont dirigés vers le port principal avant d'être distribués en fonction de leur destination finale. Les relations dans le système sont équilibrées, elles sont organisées autour d'un port principal qui est le point pivot du réseau. Les ports secondaires constituant le réseau ont un achalandage et des fréquences de services moins importants, mais assurent le fonctionnement du système dans son ensemble.

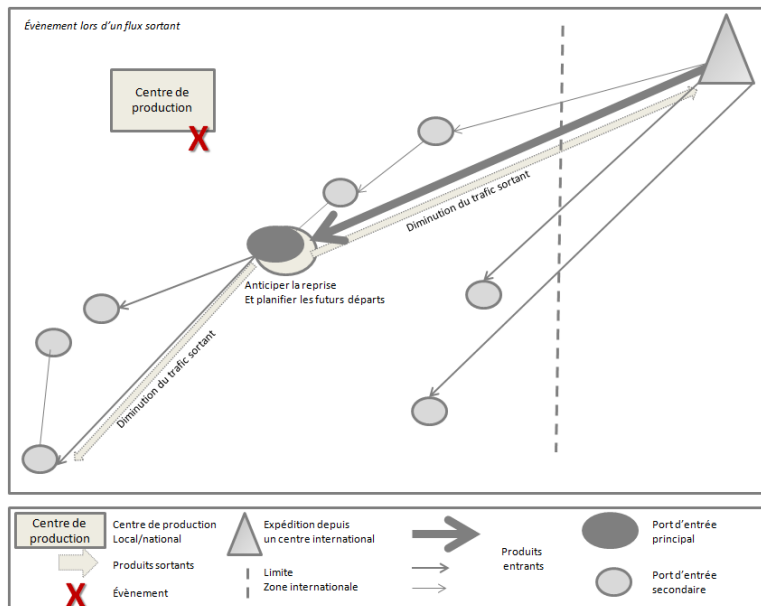
2) Cas d'un évènement survenant lors d'un flux entrant dans le système (Figure 4)



Dans le cas n°2, un incident se produit sur le réseau et le port principal ne peut plus recevoir les produits entrants. Afin de ne pas arrêter les activités sur l'ensemble du réseau, dans un système résilient, des routes de secours (qui peuvent supporter l'accroissement du trafic sur leur segment et à destination) vont être choisies pour recevoir le trafic à destination du port principal. Ainsi, l'expédition des produits entrants malgré un temps de transit plus long ou plus coûteux peut être poursuivie. Les décisions pour l'acheminement des produits sortants dépendent de l'urgence de la livraison. En situation d'urgence, les produits sortants seront dirigés vers un port secondaire qui sera en mesure de les expédier vers leur destination finale, dans le cas où les envois ont plus de flexibilité, les produits seront envoyés au port principal ou dans le système en attente d'une reprise du service. Lors de l'arrêt du service, la résilience du système doit anticiper la reprise afin de pouvoir être opérationnel immédiatement. La

diminution des expéditions des produits sortants et la diminution du nombre de navires actifs dans le système permettront lors de la reprise normale des activités une réaction rapide et le rétablissement des échanges normaux.

3) Cas d'un évènement survenant lors d'un flux sortant du système (Figure 5)



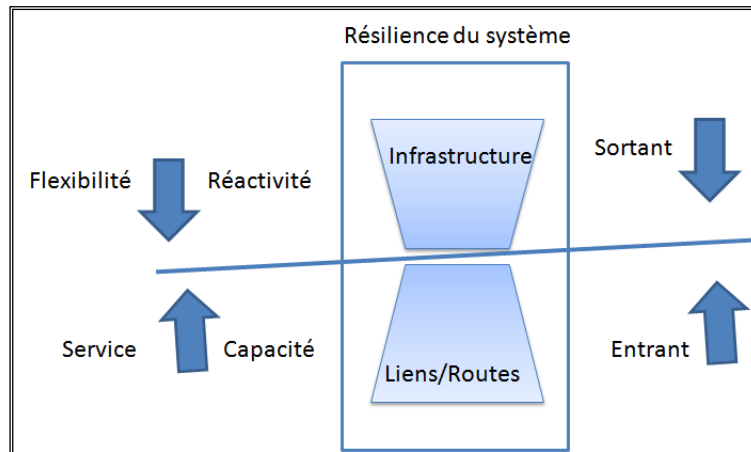
Dans le cas de la figure 5, le système de transport est confronté à une rupture d'activité au centre de production. Les produits sortants du réseau diminuent ce qui a pour conséquence une augmentation de la disponibilité de capacité dans les navires. Les produits entrants ne sont pas touchés par cet incident, les voyages s'effectuent normalement sur le réseau. Au port principal, les perturbations dues aux produits sortants exigent une prise de décision stratégique pour anticiper la reprise normale du trafic. Afin d'assurer la résilience du système, il faut que les gestionnaires adaptent la situation présente afin d'éviter une rupture d'approvisionnement en proposant plusieurs alternatives (par ex. diminuer les capacités disponibles du produit en

rupture et les proposer à d'autres producteurs; entreposer les produits en attendant la reprise pour assurer l'expédition de charge pleine; étudier les opportunités de transférer les produits vers des ports secondaires qui ont des capacités disponibles pour les transporter). Ensuite, ils doivent anticiper la reprise, car c'est à ce moment-là que la résilience du système va être sollicitée.

Résilience du système de transport dans son ensemble

La résilience du système dans son ensemble (Figure 6) dépend de nombreux facteurs et variables qui influencent la capacité d'ajustement des infrastructures (ports, quais, etc.) et des liens (routes maritimes, ferroviaires, etc.) pour assurer la fluidité des échanges.

Figure 6 : Résilience du système de transport dans son ensemble



La fluidité doit être assurée par une redistribution du trafic(entrant/sortant) afin que le temps de récupération du niveau de plein service (flexibilité/réactivité) soit le plus court possible tout en assurant le maintien de l'équilibre des échanges dans le système (service/capacité).

Résilience et perspectives pour les ports de vrac au Canada

Les modèles de résilience appliqués à l'industrie maritime illustrent la complexité des liens entre les différents éléments qui composent le système maritime. De toute évidence plusieurs facteurs peuvent affecter la vulnérabilité du transport maritime et des ports. De façon davantage marquée, l'analyse de la résilience du système de transport maritime nécessite le développement d'outils méthodologiques, et l'application de procédures techniques. L'invocation d'une stratégie permettant d'accroître la capacité du système de transport maritime de s'adapter aux changements, de réduire les externalités négatives et/ou de réaliser des occasions d'affaires peut être multiple, car fonction de différents facteurs.

Force est de reconnaître que la compréhension de la vulnérabilité du transport maritime et des ports au Canada incluant les infrastructures et la chaîne logistique est limitée. Il existe un besoin de fournir une base de connaissances pour les ports Canadiens [incluant les Administrations Portuaires du Canada (APC), les ports publics et les ports privés – notons qu'un certain nombre des terminaux vrac sont privés). Ce besoin peut être évalué par une meilleure compréhension des principaux facteurs qui exercent un impact sur la chaîne logistique et les terminaux portuaires de vrac au Canada. Nous pourrions alors identifier les moyens permettant aux utilisateurs portuaires d'accroître leur compétitivité et d'assurer la fluidité et la fiabilité de l'ensemble du système de transport maritime.

La croissance dans le volume du vrac sec transporté par voie maritime et la mutation dans la direction des échanges sont quelques-uns des principaux phénomènes des échanges mondiaux. Il existe un urgent besoin d'évaluer la résilience des opérations portuaires de vrac sec au Canada. De façon davantage marquée, le commerce du vrac sec soutenu par le transport maritime est un élément clé dans la chaîne logistique pour l'industrie de la métallurgie, les sidérurgies, les alumineries et le secteur agroalimentaire. La participation du Canada dans le commerce de vrac sec n'ira pas en diminuant. La croissance continue dans le volume d'expéditions de vrac sec en direction de la Chine et de l'Inde impose une demande accrue pour accroître la compétitivité des ports de vrac. La croissance attendue des trafics de vrac sec implique que certains terminaux devront être modernisés

alors que ceux qui disposent d'infrastructures affichant des problèmes de capacité devront être agrandis dans le but de répondre à l'accroissement dans la taille des navires et l'émergence de nouveaux standards dans les équipements de manutention.

La production et le commerce de matières premières revêtent une importance économique majeure pour le Canada. Mais l'accumulation de richesse est le résultat du développement d'un puissant système de transport. L'analyse de la résilience des opérations commerciales du transport du vrac sec doit reconnaître certaines caractéristiques de l'industrie canadienne de vrac sec.

- Un important volume de la production canadienne de vrac sec est destiné à l'exportation;
- La plupart des terminaux de vrac sec sont spécialisés, occupent des niches de marché et sont construits pour manutentionner un seul type de produits rarement appropriés pour d'autres types de cargo;
- La plupart du vrac sec est acheminé par rail pour chargement à bord de navires;
- Pour les minerais et les métaux, les principaux acteurs capables de rédiger un contrat de transport, et aussi de négocier des accords de transfert ne sont pas canadiens;
- Pour le secteur des céréales, la taille des chargements est partiellement déterminée par la Commission Canadienne de Blé qui fixe des quotas à chaque opérateur de terminal en lien avec le volume de céréales vendu sur le marché.

Les ports de vrac sec qui manutentionnent des produits similaires sont caractérisés par d'importantes différences en termes de conditions géographiques, saisonnalité, architecture de réseaux, relations de travail et environnement d'affaires.

La capacité du transport maritime et des ports de s'adapter aux changements est un élément clé pour assurer la compétitivité du Canada. La possibilité d'accroître la compétitivité des principaux acteurs du transport maritime sera très importante pour la prochaine décennie. Mais toute tentative de comprendre la résilience des ports

de vrac sec au Canada nécessite d'identifier les facteurs qui peuvent affecter la vulnérabilité du système maritime.

Dans le but d'identifier les meilleures actions à entreprendre afin d'accroître la résilience des ports de vrac au Canada, la méthode de hiérarchie multicritère de Saaty permettant la comparaison et le choix entre des options préétablies apparaît la plus appropriée. La méthode comporte quatre étapes.

Premièrement, il importe d'enquêter l'opinion d'experts par l'entremise d'un questionnaire. Dans le contexte des ports de vrac sec au Canada, les experts doivent posséder une solide compréhension de la structure des opérations d'un système portuaire de vrac sec. L'échantillon de la population à interviewer devrait comprendre les principales parties prenantes du secteur maritime au Canada.

Deuxièmement, la méthode nécessite l'établissement d'une liste d'options à évaluer. Des enquêtes de terrain couplées à une revue de la littérature démontrent que la résilience de la chaîne logistique et des terminaux portuaires de vrac au Canada peut être atteinte sur la base de sept options:

- Focaliser sur les problèmes environnementaux (i.e. changements climatiques, risques naturels)
- Cibler sur la sécurité
- Augmenter l'accessibilité à l'arrière-pays (i.e. rail et route et entreposage aléatoire)
- Surmonter les contraintes physiques (i.e. capacité d'expansion, profondeur d'eau)
- Gérer les changements dans les conditions du marché (i.e. économies émergentes, Chine, fluctuation du prix des commodités)
- Améliorer la compétitivité des coûts d'opération
- Renforcer la structure organisationnelle de la chaîne logistique de vrac (i.e. logistique corporative).

Troisièmement, la méthode consiste à effectuer une évaluation comparée de chaque paire de critères en fonction d'une échelle

permettant de convertir des jugements qualitatifs en valeurs numériques. L'échelle de comparaison par paire au Tableau 3 est utilisée pour mesurer l'importance d'un critère par rapport à un autre.

Tableau 3 : Échelle de comparaison par paire de critères

Valeur Numérique	Échelle verbale	Explication
1	Égale importance des deux éléments	Les deux éléments contribuent également
3	Importance modérée d'un élément par rapport à l'autre	Expérience et jugement favorisent un élément par rapport à l'autre
5	Forte importance d'un élément par rapport à l'autre	Un élément est fortement favorisé
7	Très forte importance d'un élément par rapport à l'autre	Un élément est très fortement favorisé
9	Extrême importance d'un élément par rapport à l'autre	Un élément est favorisé par au moins un ordre de grandeur
2, 4, 6, 8	Valeur intermédiaire	Utilisé en tant que compromis entre deux jugements

Quatrièmement, la codification des réponses de chaque expert permet la construction d'une matrice de comparaison des critères entre eux. Les priorités exprimées par les experts sont ensuite combinées sur la base du calcul des moyennes géométriques.

Conclusion

La résilience du système de transport dans son ensemble, pour les ports qui ne fonctionnent pas en réseau intégré, devient incontournable pour rester compétitif dans un marché en perpétuel changement. Les stratégies individuelles doivent prendre en

considération la part importante que prennent la collaboration et l'intégration en réseau des informations et opérations.

L'étude de la résilience des ports de vrac sec au Canada en fonction de l'analyse hiérarchique multicritères permet de mettre en lumière les facteurs qui permettent d'améliorer les modèles de résilience et de fournir une approche méthodologique pour comprendre la vulnérabilité des systèmes de transport maritime et identifier les meilleures stratégies d'adaptation.

Bibliographie

CSS- ETH Zurich, (2009), La résilience : un concept pour la gestion des catastrophes et crises, Center for Security Studies, No 60, septembre 2009;

Madni, A. M., & Jackson, S. (2009). Towards a conceptual Framework for Resilience Engineering. IEEE Systems Journal, Vol. 3, No. 2, pp. 181-191.

McManus, S., Seville, E., Vargo, J., & Brunson, D. (2008). Facilitated Process for Improving Organizational Resilience. Natural Hazards Review, Vol. 9, No. 2, pp. 81-90.

Nair, R., Avetisyan, H., Miller-Hooks, E., (2010), Resilience Framework for Ports and Other Intermodal Components, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No 2166 (2010), pp. 54-65;

Robert, B., Hémond, Y., Yan, G., (2010), L'évaluation de la résilience organisationnelle, Téléscope printemps-été 2010, pp. 131-153;

Ta, C., Goodchild, A.V., Pitera, K., (2007), Structuring a Definition of Resilience for the Freight Transportation System, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No 2097 (2007), pp.19-25;

Vogus, T., & Sutcliffe, K. (2007). Organizational Resilience : Towards a Theory and Research Agenda. Systems, Man, and Cybernetics, 2007. ISIC. IEEE International Conference on, 3418-3422

Zhang, L., Jin, M., (2009), The Framework for Calculating the Measure of Resilience for Intermodal Transportation Systems, Final Report, National Center for Intermodal Transportation and Mississippi Department of Transportation, 23p.