



PERSPECTIVES

8 AOÛT 2022

RELEVER LES DÉFIS DES CHAÎNES D'APPROVISIONNEMENT

Chaînes logistiques sous pression : Comment la science des données peut-elle aider ?

THIERRY WARIN

Professeur titulaire, Département d'affaires internationales, HEC Montréal
Chercheur et Fellow CIRANO

Responsable du Pôle CIRANO en science des données pour les échanges commerciaux et le transport intermodal

Le monde a changé et les entreprises sont confrontées à une tempête parfaite, avec des risques catastrophiques dont la probabilité d'occurrence est minime, mais pour lesquels les conséquences sont énormes, notamment sur les chaînes d'approvisionnement mondiales. Dans un contexte géopolitique complexe, certaines entreprises envisagent le rapatriement de certaines de leurs activités à l'intérieur des frontières nationales. Est-ce la bonne solution ? Dans ce texte, l'auteur soutient que les solutions aux problèmes complexes d'approvisionnement doivent elles-mêmes être complexes.

L'administration Biden a proposé en 2021 un plan de relance des semi-conducteurs, plan que le Congrès américain a entériné en juillet 2022. Le président américain martèle que l'inflation galopante aux États-Unis est directement liée aux problèmes de chaînes d'approvisionnement dans le monde et presse les industriels américains de rapatrier la production de semi-conducteurs aux États-Unis. Le « CHIPS for America Act » autorisera un soutien financier à hauteur de 54 milliards de dollars pour promouvoir la fabrication

de semi-conducteurs aux États-Unis, notamment en appuyant la recherche et développement dans ce secteur.

Pourquoi les semi-conducteurs ? Les semi-conducteurs sont indispensables à la fabrication de voitures, de téléphones intelligents ou même d'équipements médicaux. La Taiwan Semiconductor Manufacturing Co est la plus grande fonderie du monde, avec 55 % de la part de marché mondial (Trendforce, 2021). Ainsi, Taïwan a produit 65 % des semi-conducteurs du monde en 2021. La velléité de la Chine de procéder à la réunification avec l'île de Taïwan soulève d'importantes inquiétudes.

Autre source d'inquiétude : la guerre en Ukraine a un impact sur les chaînes d'approvisionnement mondiales déjà limitées par la pandémie de COVID-19. Selon l'agence Moody's Analytics, l'Ukraine est responsable d'environ 70 % du néon sur la planète et la Russie contrôle 44 % des approvisionnements mondiaux en palladium, ce qui est critique en raison de leur importance comme intrants dans le processus de production des semi-conducteurs.

C'est dans ce contexte géopolitique complexe que certaines entreprises envisagent la relocalisation – *reshoring* – c'est-à-dire le rapatriement de certaines activités à l'intérieur des frontières nationales, ou la délocalisation de proximité – *nearshoring* – c'est-à-dire le raccourcissement des chaînes d'approvisionnement. Est-ce, oui ou non, la bonne solution ?

La pensée binaire est très rarement la bonne façon de penser lorsqu'il s'agit de questions complexes comme celle-ci. La complexité des enjeux requiert qu'on examine la question en adoptant une approche multidisciplinaire et en s'appuyant sur des méthodologies diverses. La science des données peut-elle nous aider à réfléchir en termes complexes sur ces enjeux de commerce international ?

Vulnérabilité des chaînes de valeur mondiales

Depuis l'acquisition des matières premières jusqu'à la production et la livraison du produit fini, le processus de production est de plus en plus morcelé, de sorte que chaque activité qui lui ajoute de la valeur peut être exécutée là où on trouve les intrants nécessaires à un coût concurrentiel. C'est ce qu'on appelle les chaînes de valeur mondiales. Les chaînes de valeur mondiales sont des chaînes d'approvisionnement caractérisées par une segmentation des activités de production entre plusieurs endroits et plusieurs pays qui permet de maximiser l'avantage concurrentiel d'une entreprise.

Les décisions des entreprises concernant les chaînes de valeur et les chaînes d'approvisionnement mondiales sont prises sur la base des avantages comparatifs locaux. Ces avantages comparatifs sont souvent mesurés à l'aide de données tangibles telles que le rendement sur investissement dans un endroit donné, mais d'autres facteurs peuvent entrer en ligne de compte.

Les critères ESG sont plus pertinents que jamais

De plus en plus, les critères environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG) sont utilisés pour sélectionner les investissements et encourager les entreprises à agir de manière responsable. Ainsi, les questions de changement climatique, de droits de la personne, de corruption et d'impact social sur les communautés locales font désormais partie de l'équation. Dans le contexte du changement climatique, les enjeux de pollution locale, du commerce international des déchets et des émissions créées par les transports sont plus pertinents que jamais. Ces éléments sont souvent intangibles (Bernard et al., 2014 et Dudoit et al., 2021).

Après la récession de 2008, plusieurs articles scientifiques se sont intéressés au regain d'intérêt pour la relocalisation (Delis et al., 2017, Gereffi, 2020, Gereffi et al., 2022, Panwar et al., 2022 et Sytch et al., 2022). L'avenir des chaînes d'approvisionnement mondiales dans un monde post-pandémie, les vulnérabilités de celles-ci et la nécessité de mieux gérer les risques sont autant de questions abordées récemment dans la littérature sur le sujet. Les enjeux plus spécifiques des vulnérabilités des chaînes de valeur mondiales dans la production de fournitures médicales ont notamment fait l'objet d'un examen plus spécifique.

La question du risque est donc primordiale, mais comment concevoir le risque ? Dans son essai *Le Cygne noir*, le statisticien Nassim N. Taleb soutient que l'avenir est de moins en moins prévisible et qu'on doit voir les événements extrêmes (cygnes noirs) comme un point de départ plutôt qu'une exception. « *Notre monde est dominé par l'extrême, l'inconnu et le très improbable – improbable selon nos connaissances actuelles – alors que nous passons notre temps dans des conversations futiles, en nous concentrant sur le connu et le récurrent* » (Taleb, 2010, traduction libre).

Dans l'ère post-pandémique, le monde a changé, et les entreprises sont confrontées à une tempête parfaite, avec des risques catastrophiques dont la probabilité d'occurrence est minime, mais pour lesquels les conséquences sont énormes. Nous faisons face à une augmentation sans précédent des réserves des banques centrales pour faire face à la pandémie, une transformation massive du monde du travail avec ce qu'on a appelé la Grande Démission et des changements technologiques importants. Et tout ça en même temps !

La relocalisation ou la délocalisation de proximité peuvent s'avérer une réponse appropriée résultant d'une meilleure planification des risques. Par contre, elles ne doivent pas être érigées en politique. Un gouvernement qui, par ses politiques, soutiendrait la relocalisation démantèlerait vraisemblablement les chaînes d'approvisionnement mondiales. Il faudrait alors une refonte radicale du système économique mondial.

La relocalisation ou la délocalisation de proximité ne doivent pas non plus être vues comme des stratégies qui rendront nécessairement les chaînes logistiques plus résilientes. Il peut même être plus risqué de relocaliser certaines activités que de ne pas relocaliser, dans le cas où l'économie locale est plus vulnérable à des risques de pénuries de main-d'œuvre ou de capital par exemple.

Rappelons qu'au plus fort de la pandémie, les masques et autres équipements médicaux ont été produits en masse, à l'étranger, grâce aux chaînes de valeur et chaînes d'approvisionnement mondiales, et non pas grâce à l'effet de levier des économies locales (Panwar et al., 2022).

Néanmoins, il ne s'agit pas non plus de faire aveuglément confiance à l'économie de marché pour atténuer les risques. Le fonctionnement du marché fait que lorsque certaines ressources sont rares, les prix augmentent, et ce mécanisme des prix crée des incitations à remédier aux pénuries. Mais les marchés sont imparfaits et ces ajustements se font *ex post*. Les marchés à terme, lorsque ceux-ci existent, sont un mécanisme qui permet d'atténuer les problèmes d'ajustements *ex post*, les prix de marché à terme agissant comme des indicateurs utiles aux entreprises pour anticiper les risques.

La science des données permet d'aller encore plus loin et plus vite

Il ne s'agit pas de procéder à une refonte complète du système de commerce mondial, mais plutôt de l'adapter à un nouveau paradigme technologique : celui de l'intelligence artificielle et de la science des données en tirant le meilleur profit des données (Ivanov et al., 2019).

La science des données comme instrument de résilience

De manière générale, la science des données est une combinaison de statistiques, de science informatique et de connaissances spécifiques d'un domaine pour analyser les données. La science des données peut être utile dans le contexte de la « Technologie pour le commerce international » – ou *TradeTech* en anglais – et des technologies avancées permettant de réduire les délais de traitement et améliorer l'efficacité des échanges commerciaux et mouvements transfrontaliers. La science des données peut également aider les entreprises dans l'organisation de leurs activités de façon à améliorer les processus de production, diagnostiquer et atténuer les risques mondiaux (Aubert et al., 2021).

C'est la première fois dans l'histoire de l'humanité que nous avons accès à des quantités massives de données, structurées et non structurées, ainsi qu'à la puissance de

calcul et aux nouvelles méthodologies comme l'apprentissage automatique. Autant les multinationales que les gouvernements peuvent désormais utiliser l'intelligence augmentée dans leur prise de décision (Jablokov et Warin, 2022).

La science des données permet de diagnostiquer et d'atténuer les risques. Avec son arsenal de techniques, elle permet de voir à travers le brouillard de la guerre au moyen de modèles prédictifs basés sur des données en temps réel et géolocalisées. Ce sont non seulement les données qui sont en temps réel, mais les modèles aussi le sont en s'appuyant sur des approches inductives telles que les réseaux neuronaux. La science des données permet de construire des modèles qui puissent établir des relations de causes à effets, des modèles qui aident à la prise de décisions *ex ante* de façon à atténuer les risques de manière plus efficace (de Marcellis-Warin et al., 2020a, de Marcellis-Warin et al., 2020b et de Marcellis-Warin et Warin, 2020).

La science des données permet de dresser une cartographie précise des chaînes de valeur mondiales et des chaînes d'approvisionnement mondiales. Une multinationale qui connaît bien les fragilités du côté de ses fournisseurs de premier, deuxième ou troisième rang, de même que du côté de ses clients peut intégrer les risques politiques, environnementaux, humains et technologiques dans son cadre de gestion des risques d'entreprise. Elle peut ainsi élaborer une meilleure stratégie pour éviter les goulots d'étranglement potentiels. Munie des bonnes données en temps réel et géolocalisées et des meilleurs modèles et méthodes d'apprentissage machine, une multinationale peut mieux anticiper les bénéfices d'une plus grande diversification au niveau de ses fournisseurs ou même de ses clients. On parle ici d'aller encore plus loin que la stratégie d'affaires déjà très utile de la fabrication redistribuée – ou *redistributed manufacturing* (RdM) en anglais (Srai et al., 2016).

La science des données permet d'internaliser les externalités négatives. L'internalisation d'externalités négatives peut référer à la tarification des émissions de carbone découlant du transport des marchandises. La plupart des échanges mondiaux de marchandises en gros volume se font par bateau, en utilisant le plus souvent du pétrole bon marché, ce qui augmente encore plus les émissions de carbone. La tarification est une façon de tirer profit de l'économie de marché comme mécanisme d'incitation à adopter des comportements responsables.

L'internalisation d'externalités négatives peut également faire référence à des mécanismes qui s'attaquent au travail des enfants ou aux violations des droits de la personne. En exploitant des techniques de science des données pour suivre automatiquement ces éléments, nous pouvons mieux aligner le coût du commerce international à sa valeur réelle. Ne pas internaliser ces externalités revient à ce que la planète entière et en particulier les populations les plus vulnérables au non-respect de leurs droits subventionnent artificiellement le commerce mondial.

En somme, la science des données permet d'atténuer les risques d'ordre opérationnel, d'ordre financier et même ceux liés à la réputation de l'organisation. C'est la mondialisation 5.0 (de Marcellis-Warin et Teodoresco, 2012).

La révolution industrielle 4.0 n'est pas de la science-fiction

Notre capitalisme mondial est un savant mélange d'économie de marché, de politiques gouvernementales et de réglementations internationales, créant une cartographie très complexe d'avantages comparatifs différents selon les industries et les lieux. Il n'est pas surprenant que l'état du capitalisme mondial soit remis en question, encore une fois. Et c'est même sain de le faire.

Comme le dit l'adage, *à quelque chose malheur est bon* ou comme le disait Winston Churchill, *il ne faut jamais gâcher une bonne crise* (Mutter, 2016). Le contexte actuel de grande insécurité mondiale est une occasion sans précédent de mettre en place les meilleures politiques commerciales internationales afin de créer le système le plus efficace basé sur des technologies de pointe. Nous ne pouvons pas nous contenter d'une économie de marché améliorée, car la nature ex post inhérente au marché n'est pas satisfaisante pour atténuer les risques mondiaux. La révolution industrielle 4.0 n'est pas de la science-fiction. C'est déjà une réalité dans de nombreux domaines. Nous devons tirer parti de ce que nous offre la technologie actuelle. Il n'y a plus de temps à perdre.

Références

Aubert, Benoit, Nathalie de Marcellis-Warin et Thierry Warin. (2021). *Le Québec économique 9 - Chapitre 11 - Science des données, réseaux sociaux et politiques publiques* (2020CH-11, CIRANO).

Bernard, Sophie, Arthur Claire, Guillaume Vergne et Thierry Warin. (2014). *Un état des lieux sur le commerce international des déchets* (2014DT-01, CIRANO).

Delis, Agelos, Nigel Driffield et Yama Temouri. (2017). "The Global Recession and the Shift to Re-Shoring: Myth or Reality?". *Journal of Business Research*, 103: 632-643.

Dudoit, Alain, Molivann Panot et Thierry Warin. (2021). *Towards a multi-stakeholder Intermodal Trade-Transportation Data-Sharing and Knowledge Exchange Network* (2021RP-28, CIRANO).

Gereffi, Gary. (2020). "What Does the COVID-19 Pandemic Teach Us About Global Value Chains? The Case of Medical Supplies." *Journal of International Business Policy* 3(3): 287-301.

Gereffi, Gary, Pavida Pananond et Torben Pedersen. (2022). "Resilience Decoded: The Role of Firms, Global Value Chains, and the State in COVID-19 Medical Supplies." *California Management Review* 64(2): 46-70.

Ivanov, Dmitry, Alexandre Dolgui et Boris Sokolov. (2019). "The Impact of Digital Technology and Industry 4.0 on the Ripple Effect and Supply Chain Risk Analytics." *International Journal of Production Research* 57(3): 829-46.

Jablokov, Igor et Thierry Warin. (2022). "How Augmented Intelligence Is Bringing the Focus Back on the Human." *California Management Review Insights*. 23 mai 2022.

de Marcellis-Warin, Nathalie, J. Mark Munoz et Thierry Warin. (2020a). "AI in Business: Seeing through the Fog of War." *California Management Review Insights*. 19 février 2020.

de Marcellis-Warin, Nathalie, J. Mark Munoz et Thierry Warin. (2020b). "Government 4.0 and the Pandemic." *California Management Review Insights*. 24 juin 2020.

de Marcellis-Warin, Nathalie et Serban Teodoresco, S. (2012). *La réputation de votre entreprise : est-ce que votre actif le plus stratégique est en danger?* (2012RB-02, CIRANO).

de Marcellis-Warin, Nathalie et Thierry Warin. (2020). "Government 4.0 and Evidence-Based Policies: AI and Data Analytics to the Rescue." In *Handbook of Artificial Intelligence and Robotic Process Automation, Policy and Government Applications*, eds. Al Naqvi and J. Mark Munoz. Anthem Press, 31-40.

Mutter, John. (2016). "Opportunity From Crisis." *Foreign Affairs*, 18 avril 2016.

Panwar, Rajat, Jonatan Pinkse et Valentina De Marchi. (2022). "The Future of Global Supply Chains in a Post-COVID-19 World." *California Management Review* 64(2): 5-23.

Srai, Jagjit Singh, Mukesh Kumar, Gary Graham, Wendy Phillips, James Tooze, Simon Ford, Paul Beecher, Baldev Raj, Mike Gregory, Manoj Kumar Tiwari, B. Ravi, Andy Neely, Ravi Shankar, Fiona Charnley et Ashutosh Tiwari. (2016). "Distributed manufacturing: scope, challenges and opportunities." *International Journal of Production Research*, 54:23, 6917-6935.

Sytch, Maxim, Yong Kim et Scott Page. (2022). "Supplier-Selection Practices for Robust Global Supply Chain Networks: A Simulation Of The Global Auto Industry." *California Management Review* 64(2): 119-42.

Taleb, Nassim Nicholas. (2010). "The Black Swan." New York, Random House Trade Paperbacks.

TrendForce. (2021). "Progress in Importation of US Equipment Dispels Doubts on SMIC's Capacity Expansion for Mature Nodes for Now." *TrendForce*.

Pour citer cet article:

Warin, T. (2022). *Chaînes logistiques sous pression : Comment la science des données peut-elle aider ?*, Revue PERSPECTIVES, 2022PJ-05, CIRANO. <https://doi.org/10.54932/OVLS2389>

PERSPECTIVES est la revue de diffusion et de valorisation de la recherche au CIRANO. Rédigés dans une forme accessible à un auditoire élargi, les articles de la revue PERSPECTIVES assurent une visibilité aux travaux et à l'expertise de la communauté de recherche du CIRANO. Comme toute publication CIRANO, les articles sont fondés sur une analyse rigoureusement documentée, réalisée par des chercheuses, chercheurs et Fellows CIRANO.

Les articles publiés dans PERSPECTIVES n'engagent que la seule responsabilité de leurs auteurs.

ISSN 2563-7258 (version en ligne)

Directrice de la publication :

Nathalie de Marcellis-Warin, Présidente-directrice générale

Rédactrice en chef :

Carole Vincent, Directrice de la mobilisation des connaissances

www.cirano.qc.ca

©CIRANO