

Supply chain intégrée à l'heure de l'industrie 4.0 : Nouveau défi pour la compétitivité des entreprises

Integrated supply chain for industry 4.0: a new challenge for corporate competitiveness

Meryem BOUGRINE, (Doctorante en sciences économiques et gestion)

*Laboratoire de Recherche " Études et recherches économiques et sociales " (LERES),
Faculté des sciences juridiques économiques et sociales de Meknès
Université Moulay Ismail, Maroc*

Mohammed GUECHATI, (Docteur en sciences économiques et gestion)

*Laboratoire Universitaire de Recherche en Instrumentation et Gestion des Organisations,
Faculté des sciences juridiques économiques et sociales d'Oujda,
Université Mohammed Premier, Maroc*

Mohammed ZOUHRI, (Enseignant-Chercheur)

*Laboratoire de Recherche " Études et recherches économiques et sociales " (LERES),
Faculté des sciences juridiques économiques et sociales de Meknès
Université Moulay Ismail, Maroc*

Adresse de correspondance :	Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales B. P. 3102 Toulal, Meknès Tél : + 212 5 35 45 20 92/ + 212 5 35 45 20 93 Fax: +2125 35 45 20 96 E-mail: doyen.fsjes@umi.ac.ma
Déclaration de divulgation :	Les auteurs n'ont pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude et ils sont responsables de tout plagiat dans cet article.
Conflit d'intérêts :	Les auteurs ne signalent aucun conflit d'intérêts.
Citer cet article	BOUGRINE, M., GUECHATI, M., & ZOUHRI, M. (2024). Supply chain intégrée à l'heure de l'industrie 4.0 : Nouveau défi pour la compétitivité des entreprises. <i>International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics</i> , 5(12), 696-709. https://doi.org/10.5281/zenodo.14582275
Licence	Cet article est publié en open Access sous licence CC BY-NC-ND

Received: October10, 2024

Accepted: December 29, 2024

International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics - IJAFAME

ISSN: 2658-8455

Volume 5, Issue 12 (2024)

Supply chain intégrée à l'heure de l'industrie 4.0 : Nouveau défi pour la compétitivité des entreprises

Résumé :

La mondialisation des chaînes d'approvisionnement a rendu les processus logistiques plus complexes, amenant les entreprises à reconsidérer leurs stratégies pour rester compétitives. La numérisation des chaînes d'approvisionnement, ou Supply Chain 4.0, est devenue cruciale, avec l'adoption de technologies avancées telles que l'internet des objets, l'intelligence artificielle, le Big Data et la blockchain. Ces technologies visent à renforcer l'efficacité, la réactivité et la compétitivité en optimisant la gestion des flux de marchandises et d'informations. Cette étude explore les stratégies et outils technologiques associés à la numérisation des chaînes d'approvisionnement et évalue leur impact sur la compétitivité des entreprises. Les résultats montrent que la numérisation permet d'améliorer la gestion des stocks, réduit les délais, optimise les coûts et permet la personnalisation des produits et des services. Les théories de la gestion de la chaîne d'approvisionnement et de la compétitivité industrielle soulignent que la numérisation permet aux entreprises d'améliorer leur réactivité et leur efficacité globale. Toutefois, des défis tels que la sécurité des données, l'interopérabilité et le changement organisationnel doivent être relevés pour tirer pleinement parti des avantages de la numérisation des chaînes d'approvisionnement.

Mots clés : Chaîne d'approvisionnement ; Numérisation ; Développement ; Compétitivité.

JEL Classification : F63- O14

Type du papier : Recherche Théorique

Abstract:

The globalization of supply chains has made logistics processes more complex, leading companies to reconsider their strategies to remain competitive. The digitization of supply chains, or Supply Chain 4.0, has become crucial, with the adoption of advanced technologies such as the Internet of Things, artificial intelligence, Big Data and blockchain. These technologies aim to boost efficiency, responsiveness and competitiveness by optimizing the management of goods and information flows. This study explores the technological strategies and tools associated with the digitization of supply chains, and assesses their impact on business competitiveness. The results show that digitization improves inventory management, reduces lead times, optimizes costs and enables the personalization of products and services. Supply chain management and industrial competitiveness theories emphasize that digitization enables companies to improve their responsiveness and overall efficiency. However, challenges such as data security, interoperability and organizational change need to be overcome to reap the full benefits of supply chain digitization.

Keywords : Supply chain; Digitalization; Development; competitiveness.

Classification JEL : F63- O14

Paper type : Theoretical Research

Introduction

Dans un monde très erratique caractérisé par des évolutions de plus en plus volatiles, et donc difficilement prévisibles, il est impératif d'être compétitif.

Être capable de continuer à innover est également important, La situation est encore plus difficile pour les entreprises qui veulent être à la pointe de la technologie et surtout y rester. La concurrence à l'échelle mondiale est féroce. De plus, le succès technologique à long terme nécessite un positionnement plus qu'adéquat sur le marché actuel. Dans de telles situations, une vigilance constante est nécessaire pour prendre les décisions appropriées afin d'assurer la croissance et la pérennité de l'entreprise.

De ce fait, les chaînes logistiques de différentes industries ont été fortement mises au défi de s'adapter aux perturbations de leurs flux, de prendre en compte la gestion des risques, et d'adopter de nouvelles stratégies logistiques pour faire face au manque de transparence et de visibilité.

La gestion de la chaîne d'approvisionnement ou la notion supply chain est un concept qui englobe les processus de fabrication d'un produit jusqu'à sa distribution auprès du consommateur final, la quatrième révolution industrielle ou ce qu'on appelle l'Industrie 4.0 est une nouvelle révolution mise en œuvre dans le département de la gestion de la chaîne d'approvisionnement, donnant naissance à la Supply Chain intégrée 4.0.

La supply chain est le pilier de toute entreprise, elle est devenue complexe et imprévisible ; et elle ne fait que se compliquer au fil du temps.

Une chaîne réactive et robuste ne suffit plus, il faut aussi qu'elle soit digitalisée via la collecte et l'exploitation des data pour améliorer son agilité. Cela permet entre autres de prévoir avec précision la demande et le besoin, de réduire les erreurs et surtout de fournir les informations en temps réel.

Cette vision des choses nous pousse à une réflexion plus approfondie puisque nous faisons constamment l'objet des changements liés à l'environnement de travail. D'autant plus que, la 4ème révolution industrielle se base sur les changements numériques. Ainsi, ce travail a pour but d'analyser et de comprendre les changements occasionnés par la nouvelle révolution au départ de la supply chain intégrée pour ensuite remonter à son impact sur la compétitivité des entreprises.

Tous ces événements ont permis de tirer de nombreuses leçons sur les idées de gestion de la chaîne d'approvisionnement, qui sont discutées et apprises en ces temps difficiles et éprouvants, encourageant les universitaires et les praticiens à se remettre en question :

Comment gérer stratégiquement la supply chain en s'alignant sur l'Industrie 4.0 pour atteindre l'objectif de compétitivité ?

A cet égard, nous commençons par la présentation du cadre théorique de la supply chain intégrée, par la définition et le processus de mise en action. Ensuite, nous identifions toutes ses technologies et outils . A la fin, nous allons mettre en lumière l'impact de la supply chain intégrée sur la compétitivité et le développement des entreprises.

1. La Supply Chain 4.0

Le phénomène de la chaîne d'approvisionnement numérique ou intégrée n'est pas très ancien, son émergence est motivé par un certain nombre de raisons. Son initiation se traduit principalement par l'influence de l'Industrie 4.0, le développement des outils technologiques et les caractéristiques actuelles de l'environnement concurrentiel, notamment l'incertitude, la complexité et la forte dynamique.

Dans ce contexte, la numérisation devient une exigence pour les systèmes de chaîne d'approvisionnement . Parallèlement, la recherche scientifique est très active sur ce sujet, de

nombreux chercheurs explorant ce phénomène de plusieurs manières : sa définition et sa conceptualisation ses outils, et son impact. A cet effet, nous proposons d'étudier plus la définition de la supply chain numérique à travers ce paragraphe.

1.1 Cadre théorique

Plusieurs études ont défini le concept de chaîne d'approvisionnement digitale, et elles ont toutes un point commun, qu'il s'agit de " l'évolution des opérations de la chaîne d'approvisionnement grâce aux technologies numériques avancées ".

Les études qui font référence à ce concept soulignent la nécessité de créer une nouvelle valeur en transformant les processus basés sur le papier en processus intelligents, et la nécessité des changements organisationnels correspondants. Mettent également l'accent sur l'exploitation de plateformes digitales grâce à la collaboration afin de collecter et de partager de nombreuses informations et de créer de nouvelles opportunités de la chaîne logistique.

En vue de cela, nous proposons à travers ce paragraphe d'étudier et analyser profondément les définitions de la Digital Supply Chain entamé par quelques auteurs notamment :

Agile Elephant (2022) définit la chaîne logistique numérique comme le concept de transformation numérique, c'est-à-dire le processus de transformation de l'approche traditionnelle du travail et de la réflexion en une nouvelle méthode utilisant les médias numériques, les réseaux sociaux, les canaux mobiles et les nouvelles technologies émergentes. Daniel (2021) l'a défini comme une chaîne logistique basée sur le Web qui rompt avec la méthode hybride consistant à mélanger les processus administratifs et informatiques, en soulignant que des fonctionnalités telles que la connexion, l'intégration du système et la génération de données à partir de composants intelligents doivent être totalement utilisables.

Pour Calatayud et al. (2019) ont défini une chaîne logistique numérique comme une chaîne autonome qui surveille constamment les performances en prévoyant et en détectant les risques par l'analyse de données massives collectées à partir de diverses sources et en prenant activement des mesures préventives avant l'apparition des risques, affirmant qu'elle a tendance à tirer des enseignements de ces activités et à utiliser les connaissances dans la prise de décision future.

Dans la même optique Büyüközkan et Göçer (2018) ont défini les chaînes logistiques numériques comme des systèmes intelligents à technologie optimisée qui remplissent des fonctions telles que le traitement massif de données et une excellente collaboration et communication à l'aide de matériaux et de logiciels numériques qui synchronisent et soutiennent les interactions entre les organisations. Ils mentionnent que les services peuvent avoir plus de valeur, être plus accessibles à un prix raisonnable tout en étant performants avec cohérence, vitesse et efficacité.

Dans un rapport rédigé avec la WHU-Otto Beisheim School of Management, A.T. Kearney (2015) a présenté une supply chain numérique comme la technologie optimale qui soutient et synchronise les processus de la chaîne logistique afin de minimiser les déchets qui se produisent dans l'environnement en raison des fluctuations et des risques liés à une forte demande, en précisant que cette technologie comprend des systèmes de gestion des entrepôts et des transports, l'identification par radiofréquence, une technologie de prélèvement avancée et des systèmes de planification innovants.

Bhargava et al. (2013) ont défini la chaîne logistique numérique comme le système qui sert de médiateur aux activités des partenaires de la chaîne logistique par le biais de logiciels, de matériaux et d'un réseau de communication afin de soutenir les interactions dans les processus tels que l'achat, la production, le stockage, le transport et la vente de biens entre les organisations du monde entier.

A cet effet, nous proposons ci-après un recensement (Tableau N°1) qui résume différentes définitions de la Digital Supply Chain issues de la littérature scientifique.

Tableau 1: Définitions de la Digital Supply Chain

	Auteurs	Définition du concept
Définitions portant sur la transformation des processus de l'entreprise grâce au numérique	(Ehie and Ferreira, 2019) (Kinnet, 2015)	Ce concept fait appel à la fois à deux mesures : la première est relative à la mise en œuvre de nouvelles technologies numériques dans les processus de chaîne d'approvisionnement permettant la création des relations commerciales avec les fournisseurs et les clients, alors que la deuxième est liée aux rôles de ces technologies dans la transformation des capacités de la supply chain et la performance opérationnelle. « un réseau intelligent, axé sur la valeur, qui exploite de nouvelles approches technologiques et analytiques pour créer de nouvelles formes de revenus et de valeur commerciale, grâce à une plateforme centralisée qui capture et maximise l'utilisation d'informations en temps réel provenant de diverses sources »
Définitions portant sur la collaboration à l'aide de la technologie numérique	(Büyükoçkan et Göçer, 2018) (Bhargava et al, 2013)	« un système technologique intelligent et adapté qui repose sur la capacité d'élimination massive des données et sur une excellente coopération et communication pour le matériel, les logiciels et les réseaux numériques afin de soutenir et de synchroniser l'interaction entre les organisations en rendant les services plus précieux, accessibles et abordables avec des résultats cohérents, agiles et efficaces » Un ensemble des systèmes (les logiciels, des matériels, les réseaux de communication) qui aident à soutenir les interactions entre des firmes installées dans les différents pays et aussi organisent les activités relatives à l'achat, la production, le stockage, la distribution et la vente entre les partenaires dans les chaînes d'approvisionnement.
Définitions portant sur les progrès de la gestion des opérations à l'aide de la technologie numérique	(Frederico et al., 2019) (Alicke et al., 2016)	« La chaîne d'approvisionnement 4.0 est une approche transformationnelle et holistique de la gestion de la chaîne d'approvisionnement qui utilise des technologies perturbatrices de l'industrie 4.0 pour rationaliser les processus, les activités et les relations de la chaîne d'approvisionnement afin de générer des avantages stratégiques importants pour tous les intervenants de la chaîne d'approvisionnement » L'application des outils technologiques numériques à l'égard de l'Internet des objets, la robotisation avancée, l'analyse des Big Data dans la gestion de la supply chain toute en créant des réseaux automatisés afin d'améliorer considérablement la performance et la satisfaction des clients.

Source : Nous même

Dans le même cadre nous rajoutons également que le cycle de vie de ce concept se situe en phase de croissance, au moins sur le plan théorique, du fait de la carence de travaux sur la conception et la construction de cadres conceptuels pour la digitalisation des chaînes d'approvisionnement, il peut être considéré comme une référence dans ce domaine.

1.2 Déploiement de l'Industrie 4.0 : Transformation Numérique et Renforcement de la Supply Chain

Portée par les nouvelles technologies, l'Industrie 4.0 fait référence à une nouvelle génération d'usines interconnectées et intelligentes. Il fait référence à la prochaine génération de connectivité, à l'humanisation des machines et aux usines intelligentes. Avec l'avènement de la

révolution numérique, où les frontières entre les mondes physique et numérique se rétrécissent, survivra une Usine connectée, où partenaires, machines et produits interagissent.

L'industrie 4.0 vise à connecter l'ensemble du processus de production d'une manière liée où les machines, les fournisseurs et les clients sont automatiquement liés.

La digitalisation et la numérisation de la chaîne d'approvisionnement est l'un des éléments clés de la mise en œuvre efficace de la nouvelle approche de l'industrie. Il combine les dernières technologies de communication et d'information. Des systèmes intelligents et numériques qui connectent les personnes, les machines, les équipements, la logistique et les produits, leur permettant de communiquer directement et faciliter sans doute l'optimisation la chaîne d'approvisionnement.

La supply chain intégrée ou 4.0 est basée sur la gestion d'entrepôt connectée par ordinateur, numérisation des informations et utilisation de logiciels ; le traitement de l'information dans son cadre est plus complexe que la logistique « 2.0 » et « 3.0 », reposant davantage sur la mécanisation et la normalisation des processus.

Comme mentionné précédemment, la mise en œuvre des technologies de l'industrie 4.0 est essentielle pour parvenir à une chaîne d'approvisionnement plus réactive et résiliente. À

la suite de la pandémie historique du Covid 19, la gestion de la supply chain devrait consacrer plus de temps et d'orientation stratégique à la recherche de processus axés sur la technologie.

Des stratégies clés de la chaîne d'approvisionnement pour la mise en œuvre des initiatives de sont recherchées à partir de plusieurs cas réels liés aux données en temps réel et à la transparence afin de mieux gérer la demande, d'améliorer la collaboration avec les fournisseurs et les détaillants et d'adapter la supply chain aux besoins de l'entreprise (Hitachi Group, 2020).

De même, la Supply Chain 4.0 vise à générer des chaînes d'approvisionnement plus rapides, plus flexibles, personnalisées, plus précises et plus efficaces (McKinsey, 2016). Ces stratégies peuvent avoir un impact direct sur la résilience de ces chaînes, générant une plus grande robustesse en cas d'urgence, d'imprévus et d'événements à grande échelle tels que l'épidémie de coronavirus. Particulièrement dans le contexte de la pandémie COVID-19, un rapport d'enquête mondial a montré l'importance des technologies de rupture pour une meilleure réponse des chaînes d'approvisionnement. Selon (Frederico, 2020), la majorité des experts, de différentes régions du monde et de différents horizons, selon le pourcentage de réponses, sont d'accord ou tout à fait d'accord avec le fait que les technologies telles que l'analyse des Big data (86 %), l'Internet des objets (78,7 %), la Robotique (73,3 %), la Blockchain (60,1 %) ont un positif impact sur l'ensemble des processus de la chaîne d'approvisionnement et ensuite sur sa capacité de réponse. Toutes ces technologies doivent être interactives pour créer une véritable chaîne logistique 4.0 et augmenter les attributs de performance tels que l'efficacité, la visibilité, la flexibilité, la fiabilité, la réactivité, la transparence et la traçabilité.

2. Supply Chain intégrée : Technologies et outils

Aujourd'hui, les nouvelles technologies jouent un rôle de plus en plus important dans notre vie quotidienne. Au cours des dernières années, le réseautage est devenu une partie intégrante de notre entreprise. En effet, les TIC offrent une certaine souplesse dans l'interaction avec les partenaires et tous les acteurs de l'entreprise. Ils ouvrent de nouvelles possibilités d'échanges de données entre différents systèmes informatiques, et c'est dans ce contexte que ces développements ouvrent de nouvelles perspectives pour l'industrie ; ce qui modifie d'une manière considérable l'environnement commercial et social des entreprises.

La digitalisation est une permutation qui devrait être utilisé avec réserve (Wade et Marchant, 2014). La digitalisation repose sur la collaboration de tous les services afin d'apporter une solution adéquate. (Bughin, et al., 2015)

Dans ce paragraphe, nous allons cerner les principales technologies numériques qui ont le potentiel et la capacité de transformer correctement les chaînes d'approvisionnement

traditionnelles en chaînes d'approvisionnement intégrées, comme le soulignent les chercheurs scientifiques et qui cite essentiellement certaines techniques numériques : Intelligence Artificielle, Robotisation, Blockchain, Big Data Analytic, Les Systèmes Cyber Sécurité.

Ces outils ont été choisis en fonction de leur rôle dans la numérisation des processus de la chaîne d'approvisionnement. Nous fournissons une description détaillée de ces techniques ci-dessous.

2.1 L'intelligence Artificielle (IA)

L'Intelligence Artificielle (IA) désigne "The theory and development of computer systems able to perform tasks normally requiring human intelligence, such as visual perception, speech recognition, decision-making, and translation between languages" selon le Dictionnaire Anglais d'Oxford. Autrement c'est " la théorie et le développement de systèmes informatiques capables d'exécuter des tâches qui requièrent normalement à l'intelligence humaine, telles que la perception visuelle, la reconnaissance de la parole, la prise de décision et la traduction entre langues".

Selon (Haenlein and Kaplan, 2019), elle peut également se définir comme un ensemble de « théories et des techniques utilisées pour créer des machines capables de simuler l'intelligence. L'IA est un terme général qui implique l'utilisation d'un ordinateur pour modéliser un comportement intelligent avec une intervention minimum de ressources humaines ».

Or, pour la supply chain intégrée ou digitale, le développement continu de nouvelles compétences informatiques est un enjeu majeur pour les entreprises ; donc ils doivent impérativement tenir compte de l'intégration et de l'interaction des ressources humaines et des machines. Nous ajoutons ici que la littérature scientifique montre que (l'intelligence artificielle) peut augmenter l'efficacité opérationnelle, soutenir les opérations de la chaîne d'approvisionnement, optimiser et améliorer l'expérience client.

2.2 La Robotisation

La robotisation est largement utilisée dans de nombreuses industries manufacturières et se caractérise par la flexibilité, l'autonomie, l'intelligence et la capacité d'auto-communication et d'auto-coopération entre les systèmes.

Les systèmes robotiques en Digital Supply Chain permettent la collecte, l'emballage et le déchargement. Ils garantissent également le réapprovisionnement régulier en pièces et produits (Hofmann and Rüsch, 2017). De plus, la littérature du management a indiqué que les systèmes robotiques assurent l'allocation et la distribution efficace des produits sur les différents maillons de la chaîne d'approvisionnement.

2.3 La Blockchain

La blockchain est un nouveau modèle technologique d'origine technologique qui a évolué d'une simple technologie qui supporte le Bitcoin et facilite le transfert du Bitcoin vers une nouvelle méthode qui peut être appliquée dans différents domaines pour dématérialiser tous les types de transactions (DHIBA et Alaoui, 2020).

La technologie blockchain peut être définie comme un registre de données de transaction enregistrées dans un réseau multi-membres. Ses données de transaction sont stockées dans des blocs qui sont liés entre eux dans l'ordre chronologique. Il fait référence à un grand livre numérique distribué dans lequel toutes les transactions sont partagées au sein d'un réseau et ses transactions ne peuvent pas être modifiées.

Cependant, (Wang, 2019) atteste que dans le contexte des chaînes d'approvisionnement, la technologie blockchain peut accroître la transparence, assurer un partage sécurisé des informations et renforcer la confiance, et permettre des améliorations opérationnelles,

notamment en accélérant l'exécution de la chaîne d'approvisionnement de bout en bout et en augmentant le volume et la précision des données. Il aide également à vérifier l'intégrité des données et crée une base complète pour les contrats intelligents afin d'automatiser l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. De plus, la technologie blockchain permet d'augmenter l'agilité, la réactivité et la désintermédiation, chose qui permet sans doute les coûts et augmente l'efficacité des processus de la chaîne d'approvisionnement de l'entreprise.

2.4 Les Systèmes Cyber Sécurité

Les systèmes de cybersécurité sont définis comme des systèmes numériques qui non seulement contrôlent les processus physiques dans une direction, mais sont également connectés au système dans des boucles de rétroaction, permettant une coordination en temps réel des informations et des flux physiques.

Selon (Wang et al., 2016), les systèmes de cybersécurité, illustrés à travers une infrastructure en réseau avec des dispositifs embarqués, permettent l'autogestion des processus physiques et leur retour d'expérience. C'est une infrastructure qui intègre des composants physiques et numériques.

Ils sont également décrits comme des systèmes « permettent la collecte, la transmission et le partage de données et d'informations tout au long du cycle de vie du produit, de manière rapide, fiable et sûre » (Helu et al., 2017).

2.5 Big Data Analytics

Le big data, souvent traduit par « données massives », représente l'ensemble des données numériques structurées et non structurées générées à l'aide des nouvelles technologies que les organisations gèrent de façon régulière. Ce concept est devenu plus courant dans la prise de décision des entreprises à mesure que la quantité de données à traiter a augmenté.

Selon (Wamba et al., 2015), du point de vue de la gestion, le Big Data est une approche holistique pour obtenir des informations exploitables afin de créer un avantage concurrentiel, impliquant l'application de statistiques avancées à tout type de données stockées sous forme de communications électroniques. .

En outre, (Tan et al., 2015) ont affirmé que l'analyse des mégadonnées peut raccourcir les délais de commande à la livraison, améliorer les relations avec les clients et augmenter l'efficacité et la productivité. compétitivité de la chaîne d'approvisionnement. Ils permettent la collecte de grandes quantités de données provenant de multiples sources (vidéos, réseaux sociaux, etc.). D'autres auteurs (Akter et al., 2016 ; Dubey et al., 2020 ; Wamba et al., 2017) ont démontré l'impact positif du big data sur la performance des entreprises.

Par conséquent, l'approbation du profit se heurte à plusieurs défis, notamment la qualité des données et des capacités d'analyse de données qualifiées, la cohérence et la confidentialité dans des chaînes d'approvisionnement complexes et longues (Kamble et al., 2018).

3. Les impacts de la Supply Chain intégrée sur l'entreprise

L'industrie 4.0 est caractérisée par l'utilisation de la technologie de pointe pour optimiser les processus de production et de distribution. La supply chain intégrée joue un rôle clé dans cette évolution en permettant aux entreprises de connecter et de synchroniser leurs différents processus, de la production à la livraison en passant par la planification et la gestion des stocks. La digitalisation de la chaîne d'approvisionnement permet aux entreprises de collecter et d'analyser des données en temps réel, ce qui leur permet de prendre des décisions plus éclairées et de réagir rapidement aux changements de la demande. Cela peut se traduire par une meilleure efficacité opérationnelle, une réduction des coûts et une amélioration de la qualité des produits.

Selon une étude citée dans un article de Awwad, Kulkarni, Bapna et Marathe (2020), utiliser des techniques d'analyse pourraient aider les entreprises à relever les défis liés à leur chaîne d'approvisionnement.

Selon Boyes, Hallaq, Cunningham et Watson (2018), l'intégration de la technologie proposée par la supply chain 4.0 peut offrir de nouvelles opportunités pour les utilisateurs, les fabricants et les entreprises car elle a un impact significatif dans des domaines tels que l'automatisation, la logistique, la gestion des processus et le transport.

3.1 Atouts de la supply chain 4.0

La performance de l'industrie dépend de l'efficacité de la gestion logistique. La réussite d'une entreprise dans un marché compétitif dépend non seulement de son efficacité, mais également de sa capacité à gérer efficacement ses activités logistiques.

- La minimisation des délais de production et de livraison :

La mise en place de solutions de logistique 4.0 permettant de raccourcir les délais de production et de livraison est cruciale pour les entreprises du secteur industriel pour rester compétitives dans un environnement en constante évolution. Les entreprises doivent être flexibles et adapter leur production aux besoins des consommateurs, tout en gérant efficacement les quantités de produits. L'utilisation de technologies avancées est essentielle pour atteindre ces objectifs.

- Prédiction et estimation des besoins des clients :

La digitalisation de la supply chain permet de réduire les délais de production et de livraison en utilisant des technologies avancées pour prévoir les besoins des clients et gérer l'offre de l'entreprise de manière efficace. Les outils d'analyse de données logistiques 4.0 utilisent des informations sur les ventes passées, les prévisions, les nouvelles locales et même les conversations sur les réseaux sociaux pour mieux comprendre les attentes des consommateurs.

- La gestion de la traçabilité et de la rentabilité des produits :

Pour améliorer l'efficacité, il est important de pouvoir suivre les produits à toutes les étapes de la chaîne logistique. Les entreprises peuvent utiliser des codes à barres pour identifier les marchandises et suivre leur emplacement, ainsi que des logiciels de logistique pour gérer les approvisionnements. Il est également possible d'optimiser la réduction des coûts de production en réduisant les coûts internes et en augmentant les salaires.

- La limitation du travail humain dans les environnements dangereux :

L'objectif principal est de limiter les risques pour les employés en environnements dangereux, en utilisant plutôt des technologies telles que les robots et les drones peuvent être utilisés pour effectuer des tâches dangereuses, telles que la manipulation de matières dangereuses ou l'inspection de machines, sans mettre en danger la vie des employés.

Cela permet non seulement de protéger les employés, mais également de réduire les coûts liés aux accidents de travail et aux absences pour maladie, tout en améliorant la réputation de l'entreprise et en minimisant les responsabilités juridiques.

3.2 Défis de la supply chain 4.0

Pour mettre en place une chaîne d'approvisionnement intégrée, les entreprises doivent relever de nouveaux défis tels :

- La complexité technologique :

L'intégration de technologies avancées telles que l'Internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle (IA) et la robotique peut être difficile à gérer et à maintenir pour certaines entreprises.

La capacité à gérer les données est également un défi clé de la supply chain 4.0. Les entreprises doivent être en mesure de collecter, stocker et analyser des données volumineuses pour prendre des décisions informées et améliorer les opérations.

- La sécurité des données :

La logistique 4.0 implique l'utilisation de vastes quantités de données, qui doivent être protégées contre les cyberattaques et les fuites de données. Cela nécessite des investissements importants en matière de sécurité pour protéger les données sensibles.

La collecte et l'analyse de grandes quantités de données peuvent poser des risques pour la sécurité des données et la protection de la vie privée. Les cyberattaques et les fuites de données. Cela nécessite des investissements importants en matière de sécurité pour protéger les données sensibles.

- La formation et les compétences :

Ce concept implique l'utilisation de technologies avancées, ce qui exige une main-d'œuvre qualifiée pour les utiliser de manière efficace. Il peut être difficile de recruter des employés qualifiés pour utiliser ces technologies.

Les employés doivent être formés pour utiliser les nouvelles technologies et les nouveaux processus de travail qui en découlent.

- Coût :

Les nouvelles technologies peuvent ne pas être compatibles avec les systèmes existants, ce qui peut entraîner des coûts supplémentaires pour les entreprises pour les remplacer ou les adapter. L'acquisition et la mise en place de ces technologies peut être coûteuse pour les entreprises, car il faut investir dans de nouvelles technologies, infrastructures et personnel. Cela peut poser des défis financiers pour les entreprises de toutes tailles.

En résumé, la digitalisation de la chaîne d'approvisionnement peut aider les entreprises à améliorer leur efficacité opérationnelle, leur qualité de produits et services, leur réactivité, leur collaboration et leur conformité, ce qui les rend plus compétitives sur les marchés nationaux et internationaux. Cependant, il est important pour les entreprises de bien planifier et de mettre en place des processus pour gérer les données et la sécurité adéquatement pour en tirer le meilleur parti.

4. Modèles théorique et hypothèses de recherche

Cette section présente un modèle théorique qui articule la relation entre la numérisation des chaînes d'approvisionnement et la compétitivité des entreprises. En complément, nous proposons des hypothèses de recherche théoriques, qui seront explorées à travers la littérature existante et les principes des théories de la gestion des chaînes d'approvisionnement et de la compétitivité industrielle. Ces hypothèses n'ont pas vocation à être testées empiriquement dans cette étude, mais à fournir un cadre pour l'analyse des recherches futures et la formulation d'études empiriques.

4.1 Modèle Théorique

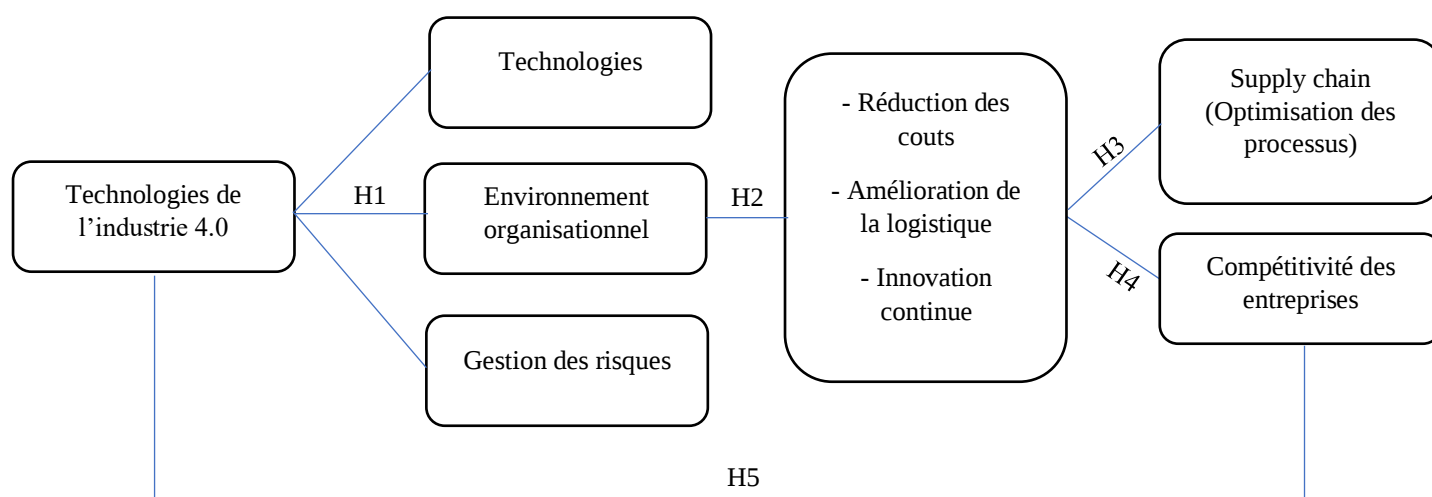
Le modèle théorique présenté explore l'impact des technologies de l'industrie 4.0 (IoT, IA, Big Data, Blockchain, Robotisation) sur la supply chain et la compétitivité des entreprises. Il met en évidence la manière dont l'intégration de ces technologies dans les chaînes d'approvisionnement permet d'améliorer l'efficacité opérationnelle, la réactivité et la gestion des risques, tout en optimisant les coûts, la rapidité de livraison et l'innovation continue.

Le modèle souligne l'importance de trois facteurs clés :

- **Les technologies de l'industrie 4.0** améliorent la gestion des stocks, la traçabilité et la réactivité.

- **L'environnement organisationnel**, comprenant la culture d'innovation et la capacité d'adaptation des entreprises, joue un rôle crucial dans l'adoption et la maximisation de l'impact de ces technologies.
- **La gestion des risques**, en particulier en matière de cybersécurité et de résilience, est essentielle pour garantir une intégration réussie des technologies et minimiser les menaces potentielles.

Figure 1 : Modèle conceptuel de recherche



Source : Nous même

4.2 Hypothèses de Recherche Théoriques

À partir de ce modèle théorique, plusieurs hypothèses peuvent être formulées pour approfondir la compréhension de la relation entre les technologies de l'industrie 4.0, la supply chain, et la compétitivité des entreprises. Ces hypothèses s'appuient sur les éléments clés du modèle et sont destinées à guider des recherches futures :

Hypothèse 1 : *L'adoption des technologies de l'industrie 4.0 (IoT, IA, Big Data, Blockchain) optimise la gestion des flux logistiques dans la supply chain, améliorant ainsi l'efficacité et la réactivité des entreprises face aux fluctuations du marché.*

Cette hypothèse suppose que les technologies numériques permettent une gestion en temps réel et plus précise des stocks, des commandes et des prévisions, réduisant ainsi les délais et améliorant la satisfaction client.

Hypothèse 2 : *Un environnement organisationnel favorable à la numérisation (culture d'innovation et gestion du changement) facilite l'adoption des technologies de l'industrie 4.0 et maximise leur impact sur les performances de la supply chain.*

Cela suggère que la culture d'entreprise joue un rôle crucial dans l'adoption des technologies et dans la manière dont ces technologies peuvent transformer les processus organisationnels.

Hypothèse 3 : *La gestion des risques (cybersécurité et résilience) devient un facteur déterminant dans la réussite de l'intégration des technologies de l'industrie 4.0 dans la supply chain.*

Cette hypothèse met en lumière la nécessité d'intégrer une gestion rigoureuse des risques liés à la numérisation des processus, notamment en matière de protection des données et de continuité des services.

Hypothèse 4 : *Les entreprises qui intègrent les technologies de l'industrie 4.0 dans leurs chaînes d'approvisionnement sont plus résilientes face aux perturbations du marché et aux crises économiques.*

Cela sous-entend que les technologies numériques permettent aux entreprises d'être mieux préparées aux risques externes, grâce à des capacités d'adaptation rapide et à une meilleure gestion des données.

Hypothèse 5 : *L'intégration des technologies de l'industrie 4.0 dans la supply chain améliore la compétitivité des entreprises en réduisant les coûts, améliorant la rapidité des livraisons et renforçant l'innovation continue.*

Cette hypothèse explore le lien direct entre la transformation numérique de la supply chain et les résultats compétitifs des entreprises, en particulier en termes de coûts, de satisfaction client, et d'agilité opérationnelle.

Ce modèle ouvre plusieurs pistes pour des recherches futures. Il serait pertinent d'explorer plus en détail les facteurs contextuels et organisationnels influençant l'adoption de ces technologies, notamment dans des secteurs spécifiques (par exemple, la production, la logistique, la distribution) et dans différents contextes géographiques. Des études empiriques permettraient également de valider ces hypothèses en évaluant l'impact réel des technologies 4.0 sur la performance des entreprises dans des environnements diversifiés.

5. Conclusion

Cette étude théorique a exploré les dynamiques complexes liées à la numérisation des chaînes d'approvisionnement et a mis en lumière le rôle crucial des technologies émergentes dans le renforcement de la compétitivité des entreprises. Nous avons formulé plusieurs hypothèses permettant d'explorer comment l'intégration de technologies avancées telles que l'Internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle (IA), le Big Data et la blockchain peut contribuer à améliorer l'efficacité des opérations, la réactivité aux demandes du marché, et la personnalisation des services, renforçant ainsi la compétitivité des entreprises dans un environnement mondialisé.

L'analyse théorique a cependant révélé plusieurs défis importants auxquels les entreprises doivent faire face pour tirer pleinement parti de ces technologies, qui demeurent un obstacle majeur à une adoption harmonieuse des nouvelles technologies au sein des chaînes d'approvisionnement. Les entreprises doivent veiller à ce que les différents outils numériques puissent communiquer et fonctionner ensemble de manière fluide pour maximiser leurs bénéfices. Un autre défi crucial concerne la gestion des risques, notamment ceux liés à la cybersécurité. Alors que les entreprises s'appuient de plus en plus sur des systèmes numériques pour gérer leurs chaînes d'approvisionnement, la protection des données et la résilience des infrastructures face aux cyberattaques deviennent des enjeux prioritaires.

Par ailleurs, l'adoption des technologies reste inégale entre secteurs, tailles d'entreprises et régions. Les disparités dans les capacités d'intégration des nouvelles technologies, que ce soit en raison d'une infrastructure numérique insuffisante ou de différences culturelles et organisationnelles, limitent l'universalité de leurs avantages. Ces éléments montrent l'importance d'une approche contextualisée et flexible de la numérisation, adaptée aux spécificités de chaque entreprise et environnement.

Les hypothèses formulées dans cette étude ouvrent la voie à des recherches futures qui permettront de tester plus en détail la relation entre la numérisation des chaînes d'approvisionnement et la compétitivité des entreprises. Il est essentiel de mieux comprendre les facteurs contextuels, organisationnels et technologiques qui influencent l'adoption des technologies et d'identifier les stratégies permettant de surmonter les obstacles à leur mise en œuvre, notamment dans les secteurs moins avancés sur le plan numérique.

En conclusion, bien que la numérisation des chaînes d'approvisionnement présente un potentiel considérable pour améliorer la compétitivité des entreprises, son efficacité reste conditionnée par la capacité des entreprises à relever certains défis techniques et organisationnels. L'adaptation aux nouvelles technologies, la gestion des risques associés à la cybersécurité, et

la résolution des problèmes d'interopérabilité sont des enjeux déterminants pour réussir cette transformation. Cette étude théorique pose ainsi les bases d'une réflexion plus approfondie, à enrichir par des recherches empiriques et des études de cas spécifiques, afin de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents de la numérisation et d'accompagner les entreprises dans leur évolution vers une supply chain 4.0 plus agile, plus connectée et plus compétitive.

Références

- (1). Abbal F (2013) Industrie 4.0 . L'usine connectée - Gimélec : Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle-commande et des services associés, pp 18-68 .
- (2). Beamon, B. M. (1998). Supply chain design and analysis: Models and methods. *International Journal of Production Economics*, 55(3), 281-294. Doi : 10.1016/S0925-5273(98)00079-6
- (3). Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management : A literature review. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 4719-4742. Doi : 10.1080/00207543.2017.1402140
- (4). Berger, R. (2016). Industrie 4.0 : la transition quantifiée. Comment la quatrième révolution industrielle crée une nouvelle donne économique, sociale et industrielle. *Think Act beyond mainstream*.
- (5). Bouhaddou I. (2015). Vers une optimisation de la chaîne logistique : Proposition de modèles conceptuels basés sur le PLM (Product Lifecycle Management). 181.
- (6). C. Danjou, L. Rivest et R. Pellerin, Industrie 4.0 : des pistes pour aborder l'ère du numérique et de la connectivité. *Bibliothèque et Archives nationales du Québec* .
- (7). Chen, L., Dui, H., & Zhang, C. (2020). A resilience measure for supply chain systems considering the interruption with the cyber-physical systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 199, Article 106869.
- (8). Choi, T.-M., Wen, X., Sun, X., & Chung, S.-H. (2019). The mean-variance approach for global supply chain risk analysis with air logistics in the blockchain technology era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 127, 178–191.
- (9). Flynn, B.B., Huo, B., Zhao, X., (2010), The impact of supply chain integration on performance: A contingency and configuration approach, *Journal of operations management*, vol. 28, no 1, pp. 58-71.
- (10). Fugate, B., Sahin, F., Mentzer, J.T. (2006). Supply chain management coordination mechanisms, *Journal of Business Logistics*, vol 27, n° 2, pp 129-161.
- (11). Garay-Rondero, C.L.; Martinez-Flores, J.L.; Smith, N.R.; Morales, S.O.C.; Aldrette-Malacara, A.J. Digital supply chain model in Industry 4.0. *Manuf. Technol. Manag.* 2020, 31, 887–933.
- (12). Günther, H.-O., Kannegiesser, M., Autenrieb, N., (2015), The role of electric vehicles for supply chain sustainability in the automotive industry, *Journal of Cleaner Production*, vol. 90, pp. 220-233.
- (13). Jean Modeste KOUAME (2019). Industrie 4.0: Comment rattraper le train, Edition N°:5635 .
- (14). KUYPERS. Jack: (April 2016), —Smart Logistics 4.0, article from the Automated Material Handling Systems Association (AMHSA), in *Intralogistics magazine*, April 2016.
- (15). MOUNAIM H et BOUTAQBOUT Z , (2020). Gestion digitale de la chaîne logistique : Une vue d'ensemble, Volume 3 : Numéro 2, pp 25 .

- (16). Popkova, E.G., Ragulina, Y.V., Bogoviz, A.V. (2019). Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century, Studies in Systems, Decision and Control. Springer International Publishing.
- (17). Popkova, Elena G., Ragulina, Julia V., Bogoviz, Aleksei V (2019). Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century. vol. 169 (Springer International Publishing)
- (18). Schmidt, B., Rutkowsky, S., Petersen, I., Klötzke, F., Wallenburg, C.M., Einmahl, L., (2015). Digital supply chains: increasingly critical for competitive edge. European AT Kearney, WHU Logistics Study.
- (19). SCHRAUF. Stefan, BERTTRAM. Philipp: (2016), —Industry 4.0 : How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused, in Strategy& by Pwc.
- (20). Sikdar, S., (2018). Artificial intelligence, its impact on innovation, and the Google effect. Springer.
- (21). Strange, R., Zucchella, A., (2017). Industry 4.0, global value chains and international business. Multinational Business Review.
- (22). Wu, L., Yue, X., Jin, A. and Yen, D.C. (2016) .Smart supply chain management: a review and implications for future research, The International Journal of Logistics Management, Vol. 27 No. 2, pp. 395-417, doi: 10.1108/IJLM-02-2014-0035.
- (23). Xue, L., Zhang, C., Ling, H., Zhao, X., (2013). Risk mitigation in supply chain digitization: System modularity and information technology governance. Journal of Management Information Systems 30, 325–352.
- (24). ZEZULKA .F, MARCON.P, VESELY. I, SAJDI.O: (2016), —Industry 4.0 – An Introduction in the phenomenon, IFAC-Papers On Line 49-25.