

## **La Synergie Innovante entre blockchain et Intelligence artificielle pour optimiser les coûts logistiques : une revue de littérature systématique**

### **Innovative synergy between blockchain and artificial intelligence to optimize logistics costs: Systematic literature review**

**MASTOUR Tawfik**

Doctorant-Moniteur chercheur

Ecole Nationale de Commerce et de gestion- Oujda

Université Mohamed Premier Oujda -Maroc

Laboratoire de Recherche en Management Territorial, Intégré et Fonctionnel

**EL HAKMI Saliha**

Enseignante Chercheure

Ecole Nationale de Commerce et de gestion- Oujda

Université Mohamed Premier Oujda –Maroc

Laboratoire de Recherche en Management Territorial, Intégré et Fonctionnel

**Date de soumission** : 30/09/2024

**Date d'acceptation** : 07/11/2024

**Pour citer cet article** :

MASTOUR.T. & EL HAKMI. S. (2024) « La Synergie Innovante entre blockchain et Intelligence artificielle pour optimiser les Coûts logistiques : Revue de littérature systématique », Revue Française d'Economie et de Gestion « Volume 5 : Numéro 11 » pp : 501-523.

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License



## Résumé

L'émergence des avancées technologiques a contribué de manière significative dans le renforcement de l'avantage concurrentiel d'une entreprise, mettant en lumière la problématique d'optimisation des coûts logistiques. Cela a provoqué des changements structurels dans la chaîne logistique, et une maîtrise détaillée des besoins et limites de chaque maillon.

L'intégration des technologies comme l'intelligence artificielle et la blockchain présente une solution innovante, en reposant sur la première dans l'analyse approfondie des données et les prévisions fondées. En parallèle la deuxième contribue à l'amélioration du système de sécurisation des données et une traçabilité accrue. Cela contribue au gain du temps(=coûts), à la réduction des frais de la chaîne documentaire et l'évitement des coûts de rupture. L'article essaie, avec une approche claire et intelligible, de se focaliser sur la réalisation d'un examen de la littérature pour déceler l'importance d'utiliser les deux technologies, l'intelligence artificielle et la blockchain en parallèle, grâce à leur contribution exponentielle dans la réalisation des économies et la réduction des inefficacités.

**Mots clés :** Coûts ; Chaîne Logistique ; optimisation ; Blockchain ; Intelligence artificielle.

## Abstract

The emergence of technological advances has made a significant contribution to strengthening a company's competitive edge, highlighting the problem of optimizing logistics costs. This has led to structural changes in the supply chain, and a detailed understanding of the needs and limitations of each link.

The integration of technologies such as artificial intelligence and blockchain offers an innovative solution, while relying on the former for in-depth data analysis and well-founded forecasts. At the same time, blockchain is helping to improve data security and traceability. This saves time (=costs), reduces document chain costs and avoids breakage costs. The article attempts with a clear and intelligible approach to focus on carrying out a literature review to identify the importance of using both technologies, artificial intelligence and blockchain in parallel, thanks to its exponential contribution in achieving savings and reducing inefficiencies.

**Keywords:** Costs; Supply Chain; Optimization; Blockchain; Artificial Intelligence.

## Introduction

Dans ces dernières décennies, à l'instar du mouvement de la mondialisation qui a renforcé le poids du pouvoir de négociation client, en plus des crises ayant rehaussé progressivement l'intensité concurrentielle qui se focalise de plus en plus sur la marge. Ce contexte du marché aval a obligé les entreprises à trouver des solutions pour optimiser les coûts et manifester plus de résilience.

La pandémie a aggravé la situation des entreprises, et a mis en lumière la chaîne de valeur et a démontré où réside spécifiquement l'avantage concurrentiel, sur lequel ces entités doivent se concentrer pour dépasser ces failles. A ce stade, l'inclusion des nouvelles technologies comme la blockchain et l'intelligence artificielle demeure une solution performante.

Ce modèle innovant de la logistique vise à instaurer des systèmes agiles et performants à travers l'instauration de la blockchain, qui offre une solution innovante et sécurisée pour contrôler les transactions tout au long de la supply chain, réduisant ainsi les frais de la documentation et de la vérification. En parallèle, l'intelligence artificielle contribue à l'analyse avancée des données, à la prévision de la demande, à une planification plus efficace des itinéraires et à une gestion optimisée des stocks.

Cette implication synergique manifeste une innovation dont l'objet est d'optimiser les coûts logistiques.

Selon (Kohler & Weisz, 2019), l'évolution industrielle modifiera radicalement le fonctionnement des CLs. En conséquence, la mise en œuvre de l'industrie 4.0 est apparue comme une lentille potentielle importante pour examiner comment la SCM (supply chain management) peut être modifiée pour atteindre les objectifs commerciaux. Nous trouvons donc l'issue dans ces deux technologies, en effectuant des changements dans les chaînes logistiques. Cette logistique vise à faciliter l'échange des données, des informations et facilite son accès (Wu et al., 2014), et permet en plus à optimiser les coûts de transaction (Ghertman, 2003), et développer les niveaux de qualité des produits proposés (Son et al., 2019), et par conséquent renforcer l'avantage compétitif des entreprises impliquées (Jap,2000);(Dyer & Singh, 1998).

Un pluralisme d'approches et de théories a été mobilisé pour mieux appréhender le sujet dans sa globalité et répondre à la problématique centrale : **quels sont les soubassements théoriques de l'intégration synergique de la blockchain et l'intelligence artificielle dans l'optimisation des coûts logistiques ?**

Pour ce faire nous allons procéder en premier lieu à l'étude bibliographique des avancées technologiques et de leur contribution dans l'optimisation, en second lieu à l'analyse de ces études pour identifier leur apport théorique et managériel.

## **1. Revue de littérature**

### **1.1. Blockchain, IA et optimisation des coûts logistiques : Définition et fonctionnement**

#### **1.1.1 La blockchain**

##### **➤ Définition de la technologie blockchain**

La technologie blockchain est un paradigme technologique, manifesté dans un registre numérique (Swan, 2015), de stockage et de transmission d'informations, qui peut contenir un ensemble de données, d'informations et de transactions (Dhiba & Alaoui, 2020). C'est un bloc d'éléments organisés, stockés dans un ordre chronologique (Al-Saqaf & Seidler, 2017), dans un réseau décentralisé qui ne détient aucun centre de contrôle, donc à travers le stockage dans des grands ordinateurs et pas dans des serveurs partagés.

Dans ce genre de base de données, les acteurs partagent, distribuent et échangent entre eux les données sans passer par un système de contrôle central. Cette décentralisation assure une sécurité des échanges via l'incapacité des virus à détecter le centre de pilotage, en plus d'une coordination idéale via la suppression des intermédiaires et la traçabilité accrue. On peut citer le cas de Maersk et IBM<sup>3</sup> qui ont déclaré la création d'une joint-venture qui se matérialisera sous la forme d'une plate-forme accessible à l'ensemble des intervenants (exportateurs, importateurs, transporteurs, autorités portuaires, consignataires...) pour permettre plus de transparence » (Lyonnet et al., 2019).

##### **➤ Blockchain : le fonctionnement**

Comme décrit précédemment dans la définition de la blockchain, selon les mots (Ganne, 2018): « La blockchain est un système de bases de données distribuées, partagées entre tous les participants d'un même réseau. Ce système enregistre et organise des blocs de données en une chaîne de blocs liés, formant ainsi une collection d'enregistrements. ». L'attribut principal de la blockchain, et son point fort, c'est que même si elle agit comme une base de données pour les informations de transactions, la modification ou l'altération des données existantes n'est pas possible. (Berbain, 2017).

L'ajout de nouvelles informations est autorisé mais la modification ou la suppression ne peuvent pas l'être, pour cela ce système présente une traçabilité importante et instaure la confiance entre les acteurs.

En plus, la manière de stockage des données et de son organisation prend la forme de hachage qui est manifestée dans une combinaison de lettres et chiffres personnalisés pour chaque bloc de la chaîne et qui sert à une empreinte digitale numérique (Hileman & Rauchs, 2017).

Ce qui garantit davantage la sécurité en veillant au principe du train (pas de marche à arrière), ce principe accorde la crédibilité à la blockchain, car cette chaîne n'est ni centralisée ni contrôlée, le réseau est donc partagé à accès libre entre tous les participants de manière égalitaire et son rôle varie entre clients et serveurs.

Cela garantit la sécurité des données au sein de la blockchain, par conséquent, aucune modification n'est tolérée une fois le bloc est déjà créé.

Ce mécanisme de blocs de données fonctionne comme suit : Les données sont présentées sous forme d'un hachage avec une traçabilité renforcée, ils se présentent sous la forme d'un hach, ou d'un fichier avec des informations et des données organisées de telle manière que les données enregistrées dans le hachage ou le fichier précédent restent stockées dans la blockchain, dans un souci de traçabilité, et se connectent au fichier suivant, puisqu'ils représentent une chaîne infinie de blocs. Grâce à ce mécanisme intelligent, tous les participants de la blockchain seront en mesure de retracer toute l'histoire de la chaîne. (Ganne, 2018)

### **1.1.2 Concept de l'intelligence artificielle**

#### **➤ Définition**

Dans diverses recherches, l'intelligence artificielle renvoie à une technologie tendancielle qui provoque un passage depuis l'humain vers des modèles artificiels. C'est à travers cela qu'on parle d'une attribution des capacités humaines aux machines. Cette transmission vient avec l'ère du Transhumanisme et présente la capacité d'un algorithme artificiel à détenir une intelligence contrôlée par l'humain.

Cet algorithme a une capacité de traiter des milliards de données en un temps réduit, à analyser et prédire facilement, mais cela reste lié aux entraînements, vu que le robot ne sera opérationnel qu'avec son alimentation par les données et les informations, aussi bien, son interaction continue et progressive avec l'humain.

John Nilsson, professeur d'ingénierie informatique à Stanford et l'un des fondateurs de la discipline de l'intelligence artificielle, la définissait comme : « une activité destinée à rendre les machines intelligentes » (Nilsson, 2005). Dans ce contexte, l'intelligence est expliquée comme cette propriété qui permet à une entité d'agir de manière appropriée et prévoyante dans son environnement naturel.

### ➤ **Fonctionnement de l'IA**

L'intégration des algorithmes complexes reliés avec des systèmes informatisés, n'a pas pu être qu'à travers l'imitation des spécificités de l'être humain, en prenant son raisonnement comme référence. En se basant sur des systèmes neuronaux artificiels, l'IA peut contribuer au traitement de volumes de masse de données, de suivre un processus d'apprentissage basé sur des entraînements diversifiés et multiples, ce qui améliore progressivement le rendement des modèles sans intervention explicite de l'humain. A travers cela, l'IA a besoin du contact humain et d'une interaction en vue d'instaurer une base solide en termes d'intelligence. (Laurière, 1987).

L'intelligence artificielle via des algorithmes mathématiques favorise le principe d'apprentissage automatique et profond, l'IA développe de nouveaux modèles de réflexion artificielle, manifesté à travers l'amélioration continue du traitement de données dans la prise de décision, et dans l'intelligence économique, via un système prédictif fiable.

De cette manière, l'IA s'est améliorée, et est devenue capable d'être une partie importante dans la vie de l'être humain, notant que ces modèles ont besoin toujours d'un pilote qui doit saisir une commande, partager des données clés pour améliorer ses moteurs de recherche, et ouvrir davantage des pistes d'amélioration et d'inspiration en termes d'innovation des modèles.

#### **1.1.3 Optimisation des coûts logistiques**

##### ➤ **Optimisation centralisée / décentralisée des coûts logistiques**

La littérature présente plusieurs travaux traitant l'optimisation multi-niveaux considérant deux processus de décision complémentaires pour cette optimisation de la chaîne logistique: « un processus décentralisé où chaque maillon de la chaîne logistique optimise ses coûts indépendamment des autres ; et un processus centralisé où l'optimisation des coûts est un objectif global ». (Baboli et al., 2008).

Pour améliorer l'efficacité et l'efficience de la chaîne logistique, certains travaux se sont intéressés à la manière de choisir entre des structures centralisées ou décentralisées, vu que la forme organisationnelle que l'entreprise adopte dépend à la fois des considérations stratégiques et opérationnelles.

D'autres recherches ont démontré dans leurs travaux que : « le concept de centralisation peut donner lieu à des organisations variables, les activités de contrôle étant centralisées, tandis que les activités d'achats peuvent être décentralisées vers les services utilisateurs. » (Beaulieu et al, 2015).

### ➤ Optimisation intégrée des coûts logistiques

Les premiers travaux théoriques liés à l'intégration de l'activité de transport dans la planification de la production et du stockage sont apparus au début des années 1980., les entreprises se sont de plus en plus intéressées à cette approche. Au cours des années 2000, les publications scientifiques axées sur la coordination de plusieurs activités sur plusieurs étapes ont commencé à se multiplier.

Dans la littérature, nous avons rencontré quelques articles de synthèse qui résument les travaux publiés liés aux approches intégrées dans les chaînes d'approvisionnement. Dans ce sillage nous avons choisi les travaux de Bhatnagar et Chandra qui décrivent deux grands fondements de cette approche : « la coordination au niveau général et la coordination multi-usines. Au niveau général, ils citent des articles traitant la prise de décision intégrée entre différentes fonctions, telles que la localisation des installations, la planification du stockage, la distribution et la production, le marketing, etc. Dans le deuxième type de coordination, l'intégration se produit au niveau des décisions prises pour la même activité, observées à différentes étapes de l'organisation. Les usines intégrées verticalement peuvent servir d'exemple de ce type de coordination. ». (Bhatnagar ,Chandra et al., 1993). Cela présente une revue approfondie de la littérature sur les modèles de chaîne logistique multi-échelons et propose une classification des études selon quatre axes. L'utilisation de la résolution d'un problème par la méthode intégrée est étudiée théoriquement dans plusieurs travaux de recherche. Parmi les raisons qui ont poussé les auteurs à se concentrer sur ces études, nous retrouvons la difficulté de résolution du modèle mathématique associé en un temps raisonnable. Dans d'autres cas Akbalik et al, ont étudié la difficulté de l'utilisation de l'approche "optimisation intégrée" : « Cette difficulté est due au nombre de contraintes à prendre en compte et à la configuration de la fonction objective qui devient plus dure à optimiser. Ceci nécessite des méthodes plus sophistiquées et appropriées au problème. Les différentes méthodes de résolution sont des techniques de relaxation, de décomposition, des heuristiques, etc. Sur le plan théorique c'est donc un problème très intéressant à traiter » (Akbalik et al., 2006).

Miller et De Matta coordonnent : « les décisions de production, de stockage et de transport entre deux usines (la première qui fabrique des produits semi-finis pour la deuxième usine et la deuxième qui les transforme en produits finis). Elles analysent l'influence des différents paramètres sur les décisions, donc sur le gain obtenu avec une approche intégrée plutôt que séquentielle. Elles testent le gain obtenu avec des données réelles qu'elles ont récupérées d'une entreprise pharmaceutique »(Miller & De Matta, 2003). En faisant référence à ces travaux,

l'optimisation intégrée a montré ses avantages tant sur le plan théorique que sur le plan industriel.

## **1.2. Innovation de la chaîne logistique**

### **1.2.1 Évolution de l'insertion des technologies dans la logistique**

La transition vers le digital, a été un catalyseur qui a renforcé le besoin des entreprises à adopter les avancées technologiques, dans la recherche de solutions performantes. Cet investissement s'est manifesté dans l'intégration de certaines technologies tout le long de la chaîne logistique, comme : le big data, IA, la blockchain, l'internet des objets, ce qui a présenté pour elles, la résilience et l'efficacité organisationnelle. Il s'agit donc d'une transformation exponentielle qui a été empruntée depuis l'industrie 4.0. (Fabienne, Cayla & Carbone, 2020).

A travers le recensement des besoins de chaque maillon de la chaîne dans le cadre d'une optique d'homogénéité globale, la transformation depuis le fournisseur du fournisseur au client du client devient un impératif. Donc une repensée de la SCM pour s'adapter au nouveau contexte 4.0.

Cette transition 4.0 a impliqué une optimisation détaillée de chaque maillon, en procédant à la réponse de ses exigences en termes de NTICs, ce qui garantit pour chaque maillon une auto-optimisation dans le cadre d'une optimisation globale (Bottom-up). (Deniaud et al., 2020).

Dans ce sillage, cette optimisation implique la notion du coût comme centre d'optimisation vu qu'elle ne peut se concrétiser qu'à travers l'amélioration partielle ou totale de tous les autres paramètres. Cette corrélation permet d'avoir une image fidèle de ce qu'il faut modifier pour atteindre un résultat précis.

Dans ce sens, ce numéro spécial « Supply Chain 4.0 » de Logistique & Management propose un regard à la fois académique et managérial sur les changements induits par l'intégration de l'Industrie 4.0 dans la Supply Chain. Sept articles sélectionnés explorent des concepts encore peu étudiés dans la littérature, tels que l'entrepôt du futur, la blockchain et la mutualisation logistique 4.0. (Derrouiche & Lamouri, 2020).

L'étude rédigée par Kucharavy, aborde le concept d'entrepôt du futur. L'accent est mis ici principalement sur la planification stratégique d'entrepôts du futur en utilisant l'extraction et la formalisation de problèmes sous forme de règles de conception en contradiction. (Kucharavy et al., 2019).

L'adoption de la blockchain dans la Supply Chain dans les travaux de Affogbolo et autres dans lesquels ont reposé sur une enquête menée auprès de 344 professionnels de la Supply Chain, les auteurs proposent un modèle liant l'adoption de la blockchain à la performance

concurrentielle d'une entreprise, que l'innovation organisationnelle modérée. (Affogbolo et al., 2023)

### **1.2.2 La contribution de cette synergie innovante dans la chaîne logistique**

L'implémentation de la blockchain et de l'IA dans la chaîne logistique a plusieurs avantages d'une importance particulière. En effet, toutes les tâches de la chaîne d'approvisionnement pourront profiter des avantages de la blockchain soit au niveau de la sécurité ou la traçabilité des produits pendant leur processus de production jusqu'à leur livraison au client final, en évitant toutes les mauvaises pratiques, et en premier lieu la contrefaçon. (Hug, 2017). Elle est liée via la capacité de traitement des données et de prédiction des 6B : bon produit, bon prix, bon endroit, bon moment, bonne quantité, bonne information. La blockchain contribue à la décentralisation à travers une élimination du serveur principal, vu que dans ce cas le travail se fait via des ordinateurs, en plus la traçabilité est définie par la norme ISO 9000 : comme « la technique qui permet de retrouver l'historique, la mise en œuvre et l'emplacement d'un objet au moyen d'une identification ».

Dans la chaîne logistique, le volet de traçabilité revêt une importance particulière, permettant aux consommateurs d'être sûr de l'origine du produit et le chemin parcouru avant d'arriver à son panier d'une part (Wattanukul et al., 2017). D'autre part, la fraude et la contrefaçon sont les handicaps majeurs qui touchent tous les secteurs, et tous produits, leurs conséquences sont majeures : produits falsifiés qui ne respectent ni les normes sanitaires, ni celles de production, et des maladies suite à l'usage des produits interdits dans le processus de production.

La blockchain peut être la solution à ce problème grâce à un système de contrôle et de vérification des informations d'un produit pour empêcher la circulation des produits falsifiés.

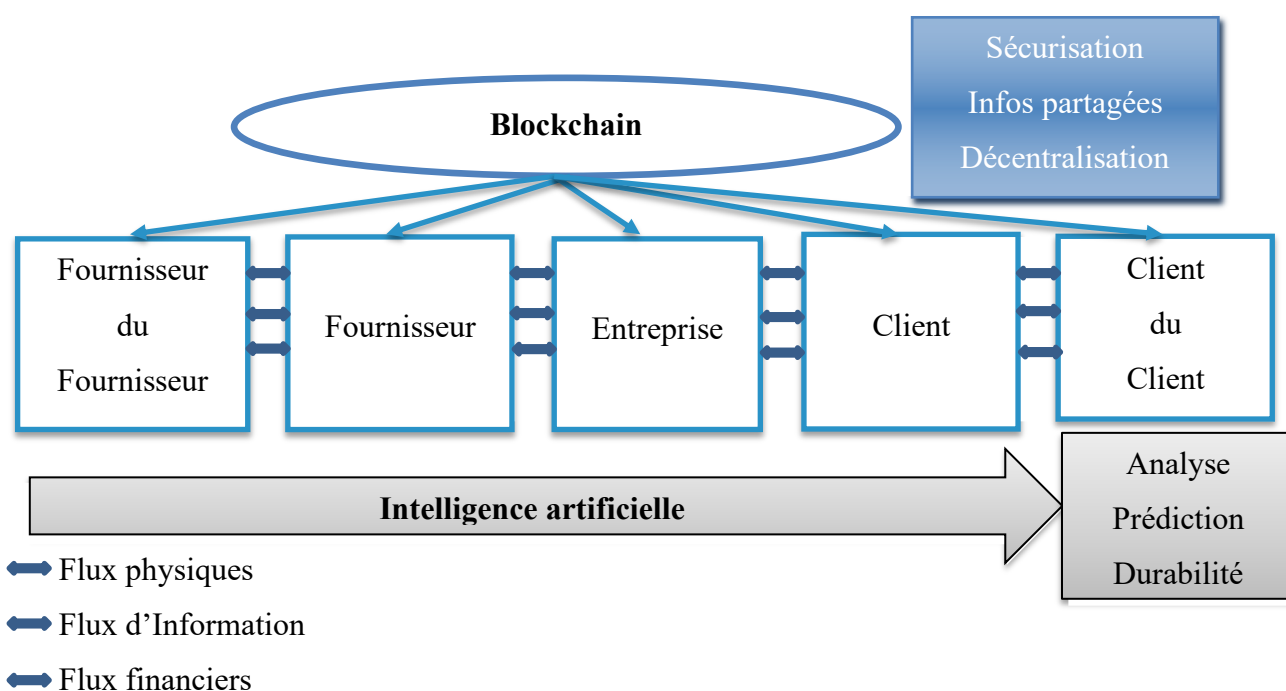
Dans ce sillage, l'IA s'est imposée comme acteur majeur de la transformation de la logistique, elle apporte des solutions novatrices pour relever ces défis en optimisant de divers aspects de la logistique. L'un des domaines clés où l'IA a un impact significatif se manifeste dans l'optimisation des itinéraires de livraison. Les algorithmes d'IA sont capables de prendre en compte une multitude de facteurs en temps réel, tels que la circulation, les préférences des clients, les contraintes de livraison et les conditions météorologiques pour planifier des itinéraires plus efficaces. Cela permet de réduire les temps du trajet, les coûts opérationnels et les émissions de gaz à effet de serre, tout en améliorant la satisfaction des clients.

La prédiction de la demande est un autre domaine d'application de l'IA dans la logistique (Patier et al., 2014) ; (Jucha, 2021) .En analysant des données historiques et en utilisant des modèles prédictifs des fluctuations de la demande, l'IA dans ce cas permet de mieux planifier

les opérations et réduire les pics de travail. Selon d'autres travaux, les technologies d'IA aident à gérer efficacement les entrepôts locaux, les points de collecte et les méthodes de livraison, en garantissant une expérience de livraison fluide pour les clients. (Urzúa-Morales et al., 2020) et (Wittmann et al., 2021).

Dans l'ensemble, l'IA est devenue un moteur essentiel de l'efficacité, de la durabilité et de l'innovation dans la logistique urbaine, offrant des avantages significatifs aux entreprises tout en contribuant à la réduction de l'impact environnemental des opérations de livraison.

**Figure N°1: la contribution de la synergie entre Blockchain et IA dans la chaîne logistique**



Source : Auteurs

La synergie entre blockchain et IA permet d'optimiser l'ensemble de la chaîne logistique, la blockchain comme nous avons pu voir d'après la littérature présente des avantages nombreux comme la traçabilité accrue, le partage en temps réel et la non réciprocity des informations partagées. En parallèle le système profite via l'intégration de l'IA de l'analyse approfondie des données et de la prédiction fiable.

Donc en temps réel, en profitant de la sécurité du système et du partage en toute confiance, l'IA traite ces données de masse, elle les analyse, et propose des recommandations et des conseils en adéquation avec toutes les conditions proposées par l'utilisateur, tout en garantissant une adaptation avec les fluctuations présentées en cas d'urgence.

En travaillant en tandem, cette synergie permet l'amélioration de la coordination entre les maillons de la chaîne logistique, une réduction des fautes humaines, et une réduction des coûts. En tirant profit de ces deux technologies, l'approche holistique permet de développer une solution innovante, agile, sécurisée et intelligente.

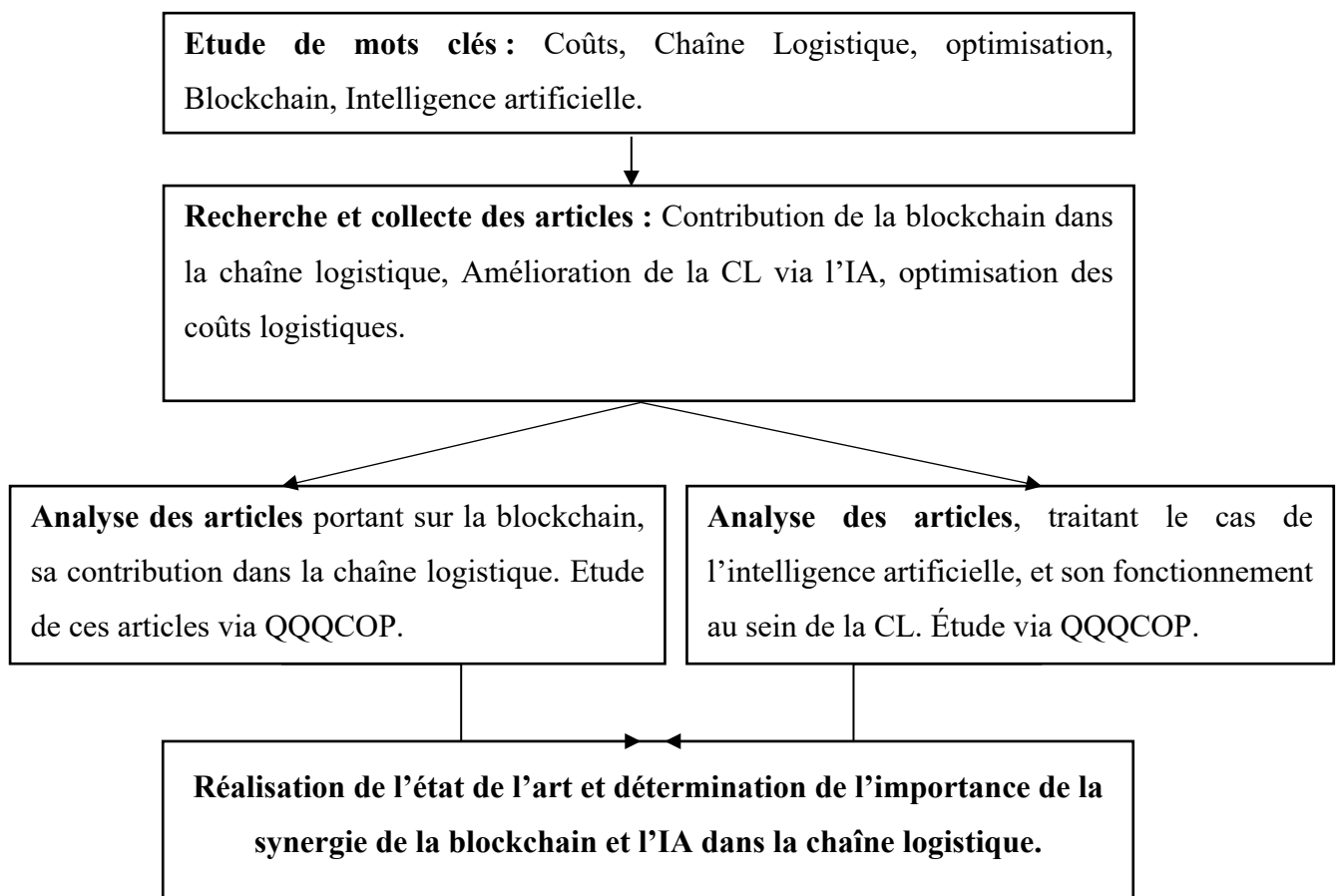
## 2. Méthodologie

Nous avons procédé à la collecte des articles scientifiques relatifs à l'étude de l'optimisation des coûts logistiques et notamment ceux qui traitent l'incorporation des avancées technologiques pour l'atteinte de cet objectif.

En s'appuyant sur l'approche descriptive pour recueillir et analyser les articles scientifiques en relation, cette revue de littérature nous a permis de mieux visualiser les connaissances abouties sur ce sujet.

### 2.1 Méthodes

**Figure N°2 : la contribution de la synergie entre blockchain et IA dans la chaîne logistique.**



Source : Auteurs

La section méthodologie de l'étude a clairement expliqué comment l'analyse a été réalisée, avec des définitions conceptuelles et opérationnelles claires des variables étudiées. Cette étude a adopté une approche de revue systématique descriptive et par conséquent, les articles pertinents contenant les mots-clés : Coûts, Chaîne logistique, Optimisation, Blockchain et Intelligence artificielle ont été identifiés et analysés.

Cette recherche a commencé par l'étude des mots clés à travers Connected Paper, pour voir l'importance de l'étude de cette problématique et l'existence des recherches dans ce sens, en plus d'éviter de tomber dans le déjà-vu.

Cette étude a suivi une méthode de revue systématique descriptive dans laquelle la collecte exhaustive de la littérature académique disponible s'est concentrée sur des sources fiables et des publications pertinentes.

Pour pouvoir être inclus dans cette revue systématique, l'article devait rendre compte de la contribution des avancées technologiques dans l'optimisation de la Chaîne logistique. Les articles traités ont été évalués par des pairs, à l'exclusion des mémoires de master, des actes de conférence et des critiques de livres, en raison de la fiabilité des informations et de leur valeur dans la recherche scientifique.

La revue a couvert la période de 1987 à 2023. Une stratégie de recherche systématique a été réalisée en utilisant deux ensembles de mots-clés en anglais et en français. Ainsi, les articles dans les deux langues seront ciblés. Une recherche électronique a été effectuée dans sept bases de données multidisciplinaires à savoir : Thèse.fr, web of science, GOOGLE SCHOLAR, SCOPUS, HAL, CAIRN et IMIST, qui contiennent le plus grand nombre de publications sur la gestion logistique.

Toute la littérature identifiée a été gérée avec le logiciel Zotero, qui a souligné et exclu les études en double. Au total, 112 publications ont été identifiées, dont la majorité par des recherches en ligne.

Une sélection préliminaire basée sur le titre et le résumé a conduit à l'exclusion de 64 études qui ne répondaient pas à au moins un critère d'inclusion/exclusion. Après une évaluation des articles sélectionnés via la lecture du couple titre/résumé, nous avons pu obtenir que 44 articles qui seront par la suite étudié en répondant au modèle QQQCOP.

**Tableau N°1: Liste des articles traités.**

N°	Auteurs	N°	Auteurs
1	(Hug, 2017)	23	(Kehailou & Amansou, 2022)
2	(Hileman & Rauchs, 2017a)	24	(Baboli et al., 2008)
3	(Berbain, 2017)	25	(Mounir & Naji, 2021)
4	(Ganne, 2018)	26	(Bahi & Taj, 2021)
5	(Al-Saqaf & Seidler, 2017)	27	(El Bakkouri, 2021)
6	(Dhiba & Alaoui, 2020)	28	(Hoummady et al., 2015)
7	(Rarhi, s. d.)	29	(Morana & Pinardi, 2003)
8	(Allen et al., 2020)	30	(Khachani, s. d.)
9	(Charif & Lemtaoui, 2022)	31	(Kucharavy et al., 2019)
10	(Lesueur-Cazé et al., 2021)	32	(Mounaim & Boutaqbout, 2020)
11	(Kabore & Bourma, 2019)	33	(Nilsson, 2005)
12	(Rochdi & Atassi, 2021)	34	(Wattanakul et al., s. d.)
13	(Laurière, 1987)	35	(Ghoubach & Amine, 2024)
14	(Kohler D., Weisz J., (2019))	36	(Espesson-Vergeat, 2021)
15	(Fel et al., 2020)	37	(Lemtaoui et al., 2024)
16	(El Bahraoui et al., 2016)	38	(MOUHSINE et al., 2023)
17	(Jalal & Nmili, 2020)	39	(Douiri et al., 2015)
18	(Deniaud et al., 2019)	40	(Derrouiche & Lamouri, 2020)
19	(Ghertman, 2003)	41	(Bahloul, 2011)
20	(Akbalik et al., 2006)	42	(Paola Oviedo (2020))
21	(Kharouaa et al., 2021)	43	(Batista, 2022)
22	(Ousmane et al., 2023)	44	(Jucha, 2021)

Source : Auteurs

## 2.2 Résultats

**Tableau N°2: Traitement des articles traités**

Articles collectés	Articles sélectionnés	Articles rejetés			
		Date avant 1987	Articles de revue prédatrice	Faible apport	Hors sujet
112 articles	44 articles	23	18	15	12

**Source : Auteurs**

Le tableau montre la classification des articles collectés à travers notre processus de recherche. Le nombre total est de 112, en faisant appel aux mots clés dans les différentes bases d'articles scientifiques. En utilisant les deux langues : française et anglaise pour améliorer notre collecte. La troisième colonne indique les articles qui ont été sélectionnés, en définissant des filtres sur les bases de données pour la date, le type et la source de l'article, la revue est prédatrice ou non, l'apport et le degré d'interrelation avec le sujet. Enfin, les articles sélectionnés sont indiqués. Notre processus a été décliné en quatre étapes, à savoir : l'identification des articles, la sélection, la réponse aux critères prédéfinis pour prendre en compte que les recherches éligibles, à noter que les mémoires de master et les actes de conférence ne sont pas pris en compte dans notre analyse.

Nous avons donc pris 44 articles qui portent globalement sur l'étude de ces avancées technologiques notamment : la blockchain et l'IA, et le soif insatiabilité de la chaîne logistique à s'améliorer.

En ce qui concerne les sujets, ces articles peuvent être regroupés dans des catégories telles que : la gestion d'entreprise, la chaîne d'approvisionnement, la performance logistique, les technologies de l'information et l'évolution de la logistique.

### 2.2.1 Identification des articles en fonction de son interconnectivité avec notre sujet :

#### ➤ Optimisation via la blockchain

**Blockchain dans la chaîne logistique** : dans cette colonne nous procédons à identifier si les articles ont abordé la blockchain dans la chaîne logistique.

**Solution performante** : En cherchant si les articles étudiés ont traité la blockchain comme outil de performance et comme levier de transformation qui contribue à l'efficacité et l'efficience organisationnelle.

**Optimisation des coûts logistiques** : cette colonne précise si les articles ont traité l'importance de la blockchain dans l'optimisation des coûts logistiques.

➤ **Optimisation via IA**

**IA et CL** : Cette colonne procède à la relation existante entre l'intelligence artificiel et la chaîne logistique

**Transformation via l'IA** : l'IA est un moyen de transformation 4.0, et contribue dans l'innovation technologique.

**L'optimisation des coûts logistiques** : On indique les articles qui ont comme objectif mettre en lumière la capacité de l'intelligence artificielle à participer dans le processus d'optimisation des coûts logistiques.

➤ **Optimisation Coûts/Autres**

Nous précisons dans cette colonne si l'optimisation se concentre sur les coûts ou sur d'autres paramètres.

**Tableau N°3: Identification des articles en fonction de son interconnectivité.**

N°	Optimisation blockchain			Optimisation intelligence artificielle			Optimisation	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	Coûts	Autres
1	*	*						*
2	*	*						*
3	*	*			*			*
4	*	*						*
5	*	*			*			*
6	*	*	*		*		*	*
7	*	*			*		*	
8	*	*						*
9	*	*						*
10	*	*	*				*	
11	*	*		*	*			*
12								*
13					*			*
14		*			*			*
15		*			*			*

16		*			*		*	
17								*
18		*			*			*
19							*	
20								*
21								*
22		*		*	*			*
23								*
24							*	
25								*
26								*
27								*
28								
29							*	*
30							*	
31	*	*	*	*	*	*	*	
32	*	*	*	*	*	*		*
33				*	*			*
34	*	*		*	*		*	
35	*	*		*				*
36	*	*		*	*			*
37	*	*		*	*			*
38	*	*		*	*			*
39							*	*
40	*	*		*	*			*
41								*
42	*	*	*		*		*	*
43								
44				*	*	*	*	*

Source : Auteurs

### 2.2.2 Détermination de solutions proposées

- **Solution mathématique** : se manifeste dans la modélisation mathématique.
- **Solution heuristique** : une fois la modélisation mathématique n'est pas suffisante pour trouver la solution, le passage vers la résolution à travers des algorithmes.
- **Solution analytique** : procède au traitement de la problématique à travers l'étude et l'analyse.

**Tableau N°4: Identification des modèles d'optimisation cités par chaque article.**

N°	Modèle d'optimisation			N°	Modèle d'optimisation		
	A	H	M		A	H	M
1	*			23	*		
2	*			24	*	*	*
3	*			25	*	*	*
4	*			26	*		
5	*			27			
6	*			28			
7	*			29	*		
8	*		*	30	*	*	
9	*			31	*		
10	*			32	*		
11	*			33	*		
12	*			34	*		
13	*	*	*	35			
14	*			36			
15	*			37	*		
16	*			38	*		
17	*			39	*	*	*
18	*			40	*		
19				41	*	*	*
20	*			42	*		
21	*			43			
22	*			44	*		

Source : Auteur

## 2.3 Discussion

### 2.3.1 Optimisation via la technologie de la blockchain

Dans la recherche donnée, nous avons concentré sur l'incorporation de la blockchain. Cette section est celle où les modèles d'optimisation sont intégrés à la blockchain. La plupart des travaux sont orientés vers l'optimisation traditionnelle par rapport à celui qui traite l'optimisation via les NTICs. En fait, de nombreux auteurs proposent uniquement une optimisation générale par rapport à ceux qui se sont focalisés sur l'optimisation des coûts. Plus précisément, **13** études sur **44** abordent le paramètre coûts **6,7,10,16,19,24,29,30,31,34,39,42,44**.

La plupart des travaux dans ce sens se concentrent sur les économies des paramètres en générale.

Dans ce cas l'optimisation à travers les travaux traités et analysés via la méthode QQQCOP : Les travaux décelés ont montré des méthodologies différentes dans la citation de la blockchain en tant que clés de performance pour les entreprises, notant surtout sa grande contribution dans la fiabilisation et la sécurisation.

Travaux : **1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,14,15,16,18,22,31,32,34,35,36,37,38,40,42**.

En parallèle, à l'instar de son évolution et son immersion dans le processus industriel 4.0, et dans un objectif primordial de sécurité, la blockchain a été traitée comme solution efficace pour améliorer la gestion des coûts, faisant appel à sa grande importance dans la réduction des frais de la chaîne documentaire et le gain du temps (**Temps=coûts**) : **6,10,31,32,42**.

### 2.3.2 Optimisation via l'intelligence artificielle :

En suivant la réciprocity du raisonnement de l'analyse précédente, nous passons aux études issues de la connaissance et positionnées comme un problème intégré d'optimisation des coûts logistiques, contribuent fondamentalement à la performance organisationnelle grâce à l'optimisation de la supply chain à l'aide de l'IA. La plupart de ces recherches, dans la plupart des cas, tendent vers l'amélioration, en ne limitant pas au seul paramètre de coûts logistiques. Ces Travaux qui se concentrent sur la contribution de l'intelligence artificielle dans la performance organisationnelle via l'optimisation de la chaîne logistique, bien que positionnés comme des problèmes intégrés d'optimisation des coûts logistiques. **31,32,44**. sachant que, la majorité des travaux tendent vers l'analyse de la chaîne logistique.

Enfin, ils ont suggéré des algorithmes heuristiques basés soit sur la décomposition du problème général, soit sur la résolution d'un problème simplifié par des techniques de programmation

dynamique pour proposer une stratégie de distribution à travers les différents échelons de la chaîne d'approvisionnement.

Dans ces articles, nous avons choisi un problème d'optimisation similaire via l'intégration des technologies de la blockchain et de l'IA pour résoudre le problème afin d'obtenir la transparence, la traçabilité et l'efficacité. Cela permettrait d'améliorer à la fois la réactivité logistique et la rentabilité de la chaîne d'approvisionnement, étant donné que cette stratégie intègre tous les paramètres pour aboutir à la performance.

### 2.3.3 Méthode de résolution

Nous observons que la plupart des approches proposées dans la littérature se sont basées sur une modélisation analytique des problèmes développés. En étudiant divers scénarios possibles, souvent liés à des chaînes d'approvisionnement spécifiques ou à des études de cas (**38 travaux sur 44**). De telles analyses basées sur des scénarios permettent de tirer des conclusions utiles sur la manière dont différentes variables interagissent dans diverses conditions.

Il est ainsi possible de reconnaître une forte diffusion des outils de recherche opérationnelle dans la plupart des travaux.

En effet, l'optimisation visant à maximiser le profit sous contrainte des coûts, ne peut se réaliser que lorsqu'on peut optimiser les autres facteurs en interrelation mutuelle. La réalisation donc, des fonctions objectives est confrontée à des difficultés pratiques car sa résolution reste quasi-complexe. Notre échantillon a englobé **6** sur **44** des articles appliquant des méthodes heuristiques, ces derniers résidents dans l'incorporation des algorithmes pour résoudre un problème inadéquat avec la modélisation mathématique pour arriver aux solutions approximatives d'optimisation.

Le paradigme intégrant la blockchain et l'IA dans la gestion de la chaîne logistique, provoque la nécessité de rendre les attributs de sécurisation, fiabilisation et efficacité quantifiables et mesurables. Sans oublier de traiter la manière de contribution de ces technologies. Cette approche heuristique permet aux chercheurs de trouver un équilibre entre la fiabilité des modèles mathématiques et le contexte dynamique de la chaîne. En étant capable d'implémenter cette synergie innovante. En ouvrant ainsi la voie vers un système logistique plus efficace, plus sûr et plus réactif.

### 2.3.4 Synthèse de recherches

En explorant cette base d'articles filtrés (**44 articles**), portant sur l'optimisation de la chaîne logistique, **25** travaux ont abordé la technologie de la blockchain et sa contribution dans l'amélioration. Cela revêt une importance significative et sans cesse grandissante à

l'amélioration de la sécurisation et la traçabilité généralement, Alors que **5** parmi ce chiffre ont abordé la capacité de la blockchain à optimiser les coûts.

Cela contraste avec **21** études portant sur l'optimisation de la SCM, via l'introduction de l'IA, notamment dans l'analyse et la prédiction, ce qui est corrélé positivement avec la réduction des coûts.

Dans ce sillage, Le nombre faible de recherches qui ont porté sur l'optimisation des coûts, en utilisant soit la blockchain comme base d'optimisation (**5**) soit l'IA (**3**), indique qu'il existe encore une large place pour explorer cette relation de cause à effet : (**Intégration des avancées technologique=optimisation des coûts**).

Dans d'autres cas, aucun des articles n'a porté sur l'interaction entre ces deux technologies, ou sa relation (complémentarité, opposition ou causalité), ce qui ouvre la porte à des critiques de la littérature, étant que chacune permet de proposer des solutions améliorées pour réduire les coûts.

C'est un champ inexploré à grande valeur ajoutée apportant des avantages substantiels en termes d'efficacité, de transparence et d'économie de coûts.

Cela souligne donc, l'importance du document que nous avons rédigé, qui tente de mettre en évidence cette importante corrélation complémentaire entre la blockchain et l'IA. En identifiant les avantages potentiels de l'intégration de ces deux technologies et l'excellence de son synergie, notre recherche vise à combler une lacune critique en démontrant comment leur utilisation combinée peut mieux permettre l'optimisation des coûts logistiques. Cet article attire ainsi notre attention sur le potentiel encore inexploité de ces deux technologies et nous attendons avec impatience la poursuite de l'exploration de cette approche prometteuse dans le cadre de la chaîne logistique et à travers ses maillons. En vue d'une plus grande efficacité et d'une réduction des coûts.

## **Conclusion**

Pour cette raison, nos activités de recherche se sont orientées vers l'étude de la synergie innovante entre l'IA et la blockchain dans l'optimisation des coûts logistiques selon le nouveau paradigme de l'intelligence économique. Cette analyse théorique et cette collecte de données ont montré qu'en effet, ces technologies émergentes sont prometteuses pour renforcer l'avantage concurrentiel d'une entreprise en particulier, ou du Maroc en général, au sein de l'arène internationale. Notre premier article a posé les jalons de cette réflexion en examinant la manière dont l'IA et la blockchain peuvent être intégrées avec succès dans les processus impliqués de la

logistique, tandis que le second, encore au stade de la planification, va plus loin en fournissant des études de cas qui introduisent des points de vue pratiques.

Cette étude présente toutefois un certain nombre de limites. Tout d'abord, une grande partie de ce document est restée conceptuelle, avec des tests limités de nature empirique qui peuvent affecter la fonctionnalité des résultats dans le monde réel. En outre, l'intégration de l'IA et de la blockchain dans la logistique en est encore à ses débuts, ce qui implique que de nombreux avantages proposés restent spéculatifs et non testés à grande échelle. L'accent est mis sur le contexte marocain, limite la généralisation des résultats à des régions dont les cadres logistiques et réglementaires sont complètement différents. En outre, les questions d'opérabilité technique liées au coût, à l'infrastructure et à l'expertise nécessaire pour s'engager dans ces technologies convergentes n'ont pas encore été entièrement abordées.

Ce travail a apporté des perspectives de recherche afin de traiter empiriquement l'intégration des technologies dans la chaîne logistique à des fins d'amélioration de la performance globale. A ce point-là s'avère pertinent de traiter les questions suivantes : Quelles seront les nouvelles technologies à intégrer de manière synergique pour optimiser la chaîne logistique ? Dans quelle mesure la chaîne logistique est capable de s'adapter aux mutations technologiques et aux défis potentiels ?

**Financement** : Ce travail a été réalisé avec le soutien du Centre national de la recherche scientifique et technique (CNRST) dans le cadre du programme « Bourse d'études associée-PASS ».

## **BIBLIOGRAPHIE**

**Affogbolo, R. Dutot, V. & Wamba, S. F.** (2023). The SMEs' Journey to Industry 4.0 : A Call for More IS Studies. *Systèmes d'information & Management*, 28(2), 3-21.

**Akbalik, A. Penz, B. & Cung, V. D.** (2006). « *Optimisation de la gestion intégrée des flux physiques dans une chaîne logistique : Extensions du problème de dimensionnement de lot.* » Thèse de doctorat en gestion Grenoble France.

**Al-Saqaf, W. & Seidler, N.** (2017). Blockchain technology for social impact : Opportunities and challenges ahead. *Journal of Cyber Policy*, 2(3), 338-354.

**Baboli, A. Neghab, M. P. & Haji, R.** (2008). An algorithm for the determination of the economic order quantity in a two-level supply chain with transportation costs : Comparison of decentralized with centralized decision. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 17(3), 353-366.

- Berbain, C.** (2017). La blockchain : Concept, technologies, acteurs et usages. *Annales des Mines - Réalités industrielles*, 2017(3), 6-9.
- Beaulieu, M.Martin, R.& Landry, S.** (2015). *Logistique à rebours : Un portrait Nord-Américain: Reverse logistics: A North-American Perspective. Logistique & Management*, 23(4), 67-78.
- Bhatnagar, R.Chandra, P.& Goyal, S. K.** (1993). Models for multi-plant coordination. *European Journal of Operational Research*, 67(2), 141-160.
- Derrouiche, R.& Lamouri, S.** (2020). Numéro spécial : « Supply Chain 4.0 ». *Logistique & Management*, 28(1), 1-3.
- Dhiba, Y.& Alaoui, M.** (2020). Blockchain et gestion des risques logistiques : Quel apport ?. *Revue Internationale du Chercheur*, 1(3),393-413.
- Dyer, J. H.& Singh, H.** (1998). The Relational View : Cooperative Strategy and Sources of Interorganizational Competitive Advantage. *The Academy of Management Review*, 23(4),660-679.
- E. K. Hamza, A. Mounia, H. Yassine and I. Z. Haj Hocine**, "Literature Review on Cost Management and Profitability in E-Supply Chain: Current Trends and Future Perspectives," 2024 IEEE 15th International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA), Sousse, Tunisia, 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/LOGISTIQUA61063.2024.10571529.
- EL KEZAZY, H., & HILMI, Y.** (2023). L'Intégration des Systèmes d'Information dans le Contrôle de Gestion Logistique: Une Revue de Littérature. Agence Francophone.
- Fel, F.Cayla, J.& Carbone, V.** (2020). L'industrie 4.0 peut-elle favoriser une relocalisation de la production en France ?. *Logistique & Management*, 28(1), 18-28.
- Ganne, E.** (2018). Can blockchain revolutionize international trade?, Geneva, Gen:WTO Publications.
- Hileman, G.& Rauchs, M.** (2017). Global Blockchain Benchmarking Study, Cambridge, Cam: Cambridge Centre for Alternative Finance.
- Hug, M.** (2017). Un nouvel outil numérique pour la fiabilisation des supply chains : La blockchain. *Annales des Mines - Réalités industrielles*, 2017(3), 106-108.
- Jap, S.** (2000). *PIE-SHARING' IN COMPLEX COLLABORATION CONTEXTS*. journal of Marketing Research,38(1), 86 - 99.
- Jucha, P.** (2021). Use of artificial intelligence in last mile delivery. *SHS Web of Conferences*, 92(2021),9.

- Kohler, D.& Weisz, J.D.** (2019). Le numérique industriel, enjeu géopolitique : Le cas de l'Allemagne. *Hérodote*, 175(4), 215-224.
- Kucharavy, D.Damand, D.GAMOURA, S.& Barth, M.** (2019). « Entrepôt du Futur : Le Concept de Cartographie de Contradictions ». *Journal of Logistique & Management*. 28(4),1-9.
- Laurière, J.L.** (1987). « Intelligence artificielle—Résolution de problèmes par l'homme et la machine » Thèse de doctorat en informatique université de Nantes.
- Lyonnet, B.Senkel, M.P.& Clamens, S.** (2019). *Supply chain management : Évolution, enjeux et perspectives, applications corrigées et exemples concrets*, Malakoff, mal : Dunod.
- Miller, T.& De Matta, R.** (2003). Integrating production and transportation scheduling decisions between two geographically separated plants. *Journal of Business Logistics*, 24(1), 111-146.
- Nilsson, N. J.** (2005). *Human-Level Artificial Intelligence ? Be Serious!*. *American Association for Artificial Intelligence*,26(4),68-75.
- Patier, D.David, B.Chalon, R., & Deslandres, V.** (2014). A New Concept for Urban Logistics Delivery Area Booking. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125(2014), 99-110.
- Son, B.-G., Lee, C.-H.Ha, B.-C.& Nam, H.** (2019). Investigating the fair treatment of suppliers and its trust fostering role and performance benefits. *International Journal of Production Economics*, 216(2019), 54-66.
- Swan, M.**(2015). *Blockchain :blueprint for a new economy*,Californie,cal: O'Reilly Media.
- Urzúa-Morales, J. G.Sepulveda-Rojas, J. P.Alfaro, M.Fuertes, G.Ternerero, R.& Vargas, M.** (2020). Logistic Modeling of the Last Mile : Case Study Santiago, Chile. *Sustainability*, 12(2).648-666.
- Wattanakul, S.Henry, S.Bentaha, M. L.Reeveerakul, N.& Ouzrout, Y.** (2017). *Improving risk management by using smart containers for real-time traceability*. *9th International Conference on Logistics and Transport (ICLT 2017)*, Bangkok, Thailand.1-8.
- Wittmann, M.Cash, P.Mariani, M.Maier, A.& Hansen, J. P.** (2021). Sustaining behaviour change through immersive technologies: trends, perspectives, and approaches. *Proceedings in Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED21)*, Gothenburg, Sweden, 2891-2900.
- Wu, I.L.Chuang, C.H.& Hsu, C.H.** (2014). Information sharing and collaborative behaviors in enabling supply chain performance : A social exchange perspective. *International Journal of Production Economics*, 148(2014), 122-132.