

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Supérieure de Management
Koléa



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
المدرسة الوطنية العليا للمناجنت
القلعة

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme de Master
En Management Stratégique et Système d'information

L'intégration de la technologie blockchain dans le Supply Chain Management Cas de Numilog SPA

Élaboré par :
DJILLALI Kamilia

Encadré par :
Pr. Djamila TOUMI
Co-encadré par :
Dr. LADJOUZI Soumia

Année universitaire 2024/2025

Résumé

Dans le contexte de transformation numérique des chaînes logistiques, la blockchain suscite un intérêt croissant en raison de ses capacités en matière de traçabilité, de transparence et de sécurisation des échanges interorganisationnels. Ce mémoire analyse la faisabilité de son intégration au sein de Numilog SPA, entreprise spécialisée dans le transport et la logistique, opérant dans un environnement émergent. L'étude adopte une démarche qualitative combinant l'analyse documentaire, l'observation de terrain et des entretiens semi-directifs menés auprès d'acteurs clés de la logistique et des systèmes d'information. Les résultats mettent en évidence le potentiel de la blockchain pour automatiser certains processus (via les contrats intelligents), fiabiliser les données critiques et renforcer la coordination inter-organisationnelle. Toutefois, plusieurs freins sont identifiés : faible maturité numérique, déficit de compétences internes, contraintes d'interopérabilité et absence de vision stratégique claire. L'étude recommande une approche progressive fondée sur des projets pilotes et un accompagnement du changement adapté aux réalités locales.

Mots-clés : Blockchain, Supply Chain Management, transformation numérique, contrats intelligents, traçabilité

Abstract

In the context of digital transformation of supply chains, blockchain is attracting growing interest owing to its capabilities in traceability, transparency, and securing interorganizational exchanges. This dissertation analyses the feasibility of integrating blockchain within Numilog SPA, a transport and logistics company operating in an emerging environment. The study adopts a qualitative approach, combining document analysis, field observations, and semi-structured interviews with key actors in logistics and information systems. The findings highlight the potential of blockchain to automate certain processes (via smart contracts), enhance the reliability of critical data, and strengthen inter-organizational coordination. However, several barriers are identified: low digital maturity, lack of internal expertise, interoperability constraints, and the absence of a clear strategic vision. The study recommends a gradual approach based on pilot projects and change management adapted to local realities.

Keywords: Blockchain, Supply Chain Management, Digital Transformation, Smart Contracts, Traceability

ملخص

في سياق التحول الرقمي لسلاسل الإمداد، تثير تقنية البلوكشين اهتمامًا متزايدًا بفضل قدراتها في التتبع، والشفافية، وتأمين التبادلات بين المؤسسات. يحلل هذا البحث مدى قابلية دمج تقنية البلوكشين داخل شركة نوميلوغ SPA ، وهي شركة متخصصة في النقل واللوجستك وتعمل في بيئة ناشئة. تعتمد الدراسة على منهج نوعي يجمع بين تحليل الوثائق، والملاحظات الميدانية، والمقابلات شبه الموجهة مع فاعلين أساسيين في مجالي اللوجستك ونظم المعلومات. تُظهر النتائج أن تقنية البلوكشين قادرة على أتمتة بعض العمليات (عبر العقود الذكية)، وتعزيز موثوقية البيانات الحساسة، وتقوية التنسيق بين الأطراف. ومع ذلك، تم تحديد عدة عراقيل مثل ضعف النضج الرقمي، ونقص الكفاءات الداخلية، ومشكلات التوافق مع الأنظمة القائمة، وغياب رؤية استراتيجية واضحة. توصي الدراسة باعتماد نهج تدريجي قائم على مشاريع تجريبية ومرافقة للتغيير تتماشى مع الخصوصيات المحلية.

الكلمات المفتاحية: بلوكشين، إدارة سلسلة الإمداد، تحول رقمي، عقود ذكية، تتبع

Remerciements

Tout d'abord, je rends grâce à Allah, source de toute force et toute sagesse.

À celle qui représente ma force douce et ma tendresse inépuisable : ma mère. Merci pour les prières chuchotées à l'aube et au crépuscule. Toujours attentive à ce que rien ne manque, à ce que je sois bien, concentrée et confiante dans mes objectifs. Ce soutien silencieux mais constant m'a accompagnée à chaque étape. C'est aussi ton chemin.

À mon père, mon tout premier enseignant. Celui qui m'a appris mes premières lettres. Tu t'es levé tôt, parfois épuisé, juste pour m'accompagner. Tu as tout donné pour que je puisse avancer. Merci pour ton amour, pour ton regard fier. Merci d'avoir été ce repère stable, ce cœur généreux, cette force tranquille qui m'a portée jusqu'ici.

Dans l'ombre, mais toujours là, mon frère Nassim m'a soutenue sans relâche. Rien que d'écrire ton nom suffit à rappeler combien tu as été essentiel. Présent, à l'écoute, apaisant. Tu comprenais mes silences, calma mes angoisses. Tu es un exemple pour moi, et beaucoup de ce que j'ai appris, je le tiens de toi.
Merci infiniment.

Je remercie mon encadrante Pr. TOUMI Djamila d'avoir cru en ce thème, né dans son module, quand la blockchain a commencé à me parler. Merci pour son soutien et sa confiance.

Mes remerciements vont également à ma co-encadrante Dr. LADJOUZI Soumiya pour sa rigueur et son sérieux. Ses conseils avisés, toujours justes, ont accompagné et renforcé ce travail. Une exigence portée avec bienveillance.

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude à Dr. Horri Omar, pour sa disponibilité et son engagement jusqu'à la dernière minute. Une générosité qui ne s'oublie pas.

Je remercie sincèrement mon tuteur de stage pour son accompagnement bienveillant et ses explications éclairantes, qui ont donné vie à ce travail. Toute ma gratitude va également au personnel de Numilog pour leur accueil chaleureux et leur précieuse collaboration.

À mes collègues et amies de MSSI, merci pour cette aventure faite de rires, de stress partagés et de souvenirs sincères. Vos encouragements, vos conseils, votre énergie m'ont portée plus haut que je ne l'aurais imaginé. Merci d'avoir été présents dans chaque instant, bien au-delà du cadre académique. Enfin, merci à toutes celles et ceux qui, par un mot, un geste ou une pensée, ont contribué à ce mémoire.
Chaque forme de soutien a compté.

Kamy

Table des matières

Résumé.....	I
Remerciements.....	IV
Table des matières.....	IV
Liste des tableaux.....	VIII
Liste des figures	IX
Liste des abréviations.....	X
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : REVUE DE LITTERATURE ET CADRE CONCEPTUEL	4
Section 01 : Revue de littérature.....	5
1 Constats actuels et défis émergents du Supply Chain Management	5
2 La blockchain comme levier de transformation de la supply chain.....	6
2.1 Apports potentiels de la blockchain à la supply chain	6
2.2 Cas d’usage concrets de la blockchain en supply chain	8
3 Conditions, freins et leviers stratégiques pour l’adoption de la blockchain dans la supply chain	9
Synthèse critique.....	13
Section 02 : Cadre conceptuel.....	14
1 La technologie blockchain	14
1.1 Historique et contexte de création :.....	14
1.2 Définition et principes fondamentaux	15
1.3 Comparaison entre blockchain et bases de données centralisées	16
1.4 Architecture technique et fonctionnement	16
1.5 Cas d’usage de la technologie blockchain :.....	23
1.6 Smart contracts.....	26
2 Evolution du concept et enjeux de la supply chain	27
2.1 Origines militaires de la logistique.....	27

2.2	Émergence de la logistique civile.....	28
2.3	L'émergence du Supply Chain Management (SCM).....	29
2.4	Importance stratégique du Supply Chain Management	34
2.5	Les flux logistiques dans la chaîne de valeur	35
2.6	Digitalisation de la Supply Chain.....	36
2.7	Complexification et défis contemporains du Supply Chain Management	38
3	Convergence entre blockchain et Supply Chain Management.....	40
3.1	Apports de la blockchain au SCM.....	41
3.2	Usages opérationnels : traçabilité, automatisation et sécurité	42
3.3	Enjeux d'adoption : conditions, limites et leviers organisationnels	43
	CHAPITRE II : CADRE METHODOLOGIQUE ET ORGANISME D'ACCEUIL	45
	Section 01 : cadre méthodologique.....	46
1	Positionnement épistémologique	46
2	Démarche méthodologique adoptée.....	47
3	Méthodes de collecte des données	47
3.1	Entretiens semi-directifs.....	48
3.2	Observation directe sur le terrain	48
3.3	Analyse documentaire.....	48
4	Échantillonnage et sélection des interviewé(e)s	49
5	Méthode d'analyse des données	50
6	Limites méthodologiques.....	50
	Section 2 : Présentation de l'organisme d'accueil	51
1	Historique de l'entreprise.....	51
2	Les missions de Numilog.....	51
3	Les valeurs de Numilog	51
4	Politique Qualité de Numilog	52
5	Services et solutions proposées par Numilog.....	52

5.1	Solution Transport.....	52
5.2	Solutions logistiques	53
5.3	Solution globale	54
6	Infrastructures logistiques et de transport	54
7	La plateforme logistique de Bouira.....	55
7.1	Présentation générale	55
7.2	Les activités principales	57
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION		58
Section 01 : État des lieux et résultats.....		60
1	Présentation et diagnostic des processus logistiques actuels de Numilog SPA	60
1.1	Réception des marchandises.....	60
1.2	Processus de stockage/gestion des stocks	64
1.3	Processus de gestion des anomalies	68
1.4	Processus d'expédition des marchandises.....	72
2	Fonctionnement du système d'information logistique.....	76
3	Analyse thématique des entretiens.....	80
Section 02 : Discussion des résultats et recommandations		86
1	Blockchain comme solution aux défaillances de traçabilité, désynchronisation et anomalies de gestion.....	86
2	Facteurs limitant l'adoption de la blockchain	87
3	Conditions nécessaires à l'adoption blockchain	87
4	Recommandations et Propositions pour l'Intégration Progressive de la Blockchain dans la Chaîne Logistique de Numilog SPA.....	88
5	Proposition d'intégration des smart contracts pour l'optimisation de la gestion des anomalies de stock.	89
CONCLUSION.....		92
BIBLIOGRAPHIE.....		95
ANNEXES.....		101

Liste des tableaux

Tableau 1 Synthèse des articles sur la blockchain dans le SCM.....	11
Tableau 2 (suite) Synthèse des articles sur la blockchain dans le SCM	12
Tableau 3 Différences entre base de données centralisée et blockchain.....	16
Tableau 4 Éléments d'un bloc blockchain	17
Tableau 5 Principales plateformes blockchain d'entreprise.....	22
Tableau 6 Caractéristiques des participants aux entretiens	49
Tableau 7 Infrastructures logistiques et moyens de transport de Numilog.....	55
Tableau 8 Dossiers gérés – PFL Bouira	57
Tableau 9 Tableau de synthèse croisée	83
Tableau 11 Comparaison du processus de gestion des anomalies avant et après l'intégration des smart contracts	91

Liste des figures

Figure 1 Historique de la technologie blockchain	14
Figure 2 Architecture de la blockchain	18
Figure 3 Schéma de validation d'une transaction en preuve de travail	21
Figure 4 Cas d'usage de la blockchain	25
Figure 5 Modèle Supply Chain 4.0	37
Figure 6 Logo officiel de Numilog SPA	51
Figure 7 Les valeurs de Numilog.....	52
Figure 8 L'organigramme de la PLF Bouira	56
Figure 9 Cartographie du processus de réception des marchandises	62
Figure 10 Cartographie du processus de stockage et de gestion des stocks	66
Figure 11 Cartographie du processus de gestion des anomalies	70
Figure 12 Cartographie du processus d'expédition des marchandises	74
Figure 13 Interfaçage des systèmes WMS et ERP SAP via FTP et ETL.....	78
Figure 14 Nuage de mots des thèmes clés issus des entretiens.....	84
Figure 15 Cartographie Cognitive des Axes - Supply Chain, Blockchain et Adoption.....	85

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
API	Application Programming Interface
BI	Business Intelligence
DAO	Decentralized Autonomous Organization
DPoS	Delegated Proof of Stake
ERP	Enterprise Resource Planning
ETL	Extract, Transform, Load
FTP	File Transfer Protocol
GDS	Gestionnaire des stocks
IoT	Internet of Things (Internet des objets)
ITSM	IT Service Management
KPI	Key Performance Indicator (Indicateur clé de performance)
PoA	Proof of Authority (Preuve d'autorité)
PoS	Proof of Stake
PoW	Proof of Work
SAP MM	SAP Materials Management
SAP SD	SAP Sales and Distribution
SI	Système d'information
TMS	Transport Management System
WMS	Warehouse Management System
ZKP	Zero-Knowledge Proof (preuve à divulgation nulle de connaissance)

INTRODUCTION

Face à la complexification des chaînes logistiques dans un environnement globalisé, incertain et numérisé, les entreprises sont confrontées à des exigences accrues en matière de traçabilité, de transparence, de sécurité des échanges et de réactivité, notamment dans les secteurs où la performance logistique constitue un levier stratégique. Dans ce contexte, les innovations technologiques issues de la transformation digitale suscitent un intérêt croissant, en particulier la blockchain. D'abord développée pour les cryptomonnaies, cette technologie est aujourd'hui perçue comme une rupture capable de transformer les modes de gouvernance, les flux d'information et les mécanismes de coordination au sein des Supply Chains.

Dans le prolongement de ces dynamiques, la blockchain apparaît comme une solution innovante pour repenser la gestion des chaînes logistiques. Registre distribué, sécurisé et infalsifiable, elle permet d'enregistrer de manière transparente et automatisée les transactions entre acteurs. Son architecture décentralisée ouvre des perspectives en matière de traçabilité, de fluidification des échanges et de sécurisation des données, tout en favorisant la désintermédiation et la confiance entre partenaires. Toutefois, son intégration reste limitée, freinée par des obstacles techniques, organisationnels, humains et réglementaires, en particulier dans les contextes économiques en développement. D'où l'importance d'interroger les conditions de faisabilité de son adoption au sein de structures logistiques spécifiques.

C'est dans cette perspective que s'inscrit la présente recherche, qui vise à examiner la faisabilité et la pertinence de l'intégration de la blockchain dans la gestion de la chaîne logistique de l'entreprise algérienne Numilog SPA. Spécialisée dans le transport et la logistique, cette entreprise évolue dans un environnement marqué par des exigences croissantes en matière de coordination des flux, de fiabilité des données échangées et d'efficacité des processus. Le choix de Numilog SPA comme terrain d'étude repose sur sa position clé dans le tissu logistique national, sa dynamique de digitalisation en cours, ainsi que sur l'opportunité d'examiner, de manière contextualisée, les leviers et barrières à l'adoption d'une technologie encore peu implantée en Algérie.

Dans ce contexte, une question centrale émerge : ***dans quelle mesure l'intégration de la blockchain peut-elle contribuer à l'amélioration de la gestion de la chaîne logistique chez Numilog SPA, et quelles sont les conditions nécessaires à son adoption ?***

Afin d'y répondre de manière structurée, l'étude s'appuie sur trois sous-questions

- **SQ1 : Quels sont les défis actuels de la gestion de la supply chain ?**
- **SQ2 : Comment l'intégration de la blockchain pourrait-elle répondre à ces défis, et quels processus logistiques seraient les plus pertinents et prioritaires pour son application ?**
- **SQ3 : Quels sont les freins et les conditions organisationnelles, technologiques et stratégiques à réunir pour permettre une adoption réussie de la blockchain ?**

Dans le but de traiter l'ensemble des questionnements soulevés, ce mémoire est structuré en trois chapitres composés de sections thématiques, présentés ci-après :

Chapitre I : Revue de littérature et cadre conceptuel

Ce chapitre présente les fondements théoriques liés au Supply Chain Management et à la blockchain, les modèles d'adoption technologique, ainsi que les résultats des recherches académiques antérieures sur l'intégration de la blockchain dans les chaînes logistiques.

Chapitre 2 : Cadre méthodologique et présentation du terrain d'étude

Il détaille la stratégie de recherche, les outils de collecte, la démarche d'analyse, et propose une présentation synthétique de l'organisation et des processus logistiques de Numilog SPA.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Ce chapitre expose les résultats de l'enquête de terrain, analyse les écarts entre pratiques actuelles et potentialités de la blockchain, et discute des conditions de faisabilité d'un tel projet au sein de l'entreprise.

CHAPITRE I : REVUE DE LITTERATURE ET CADRE CONCEPTUEL

Afin de poser les fondations théoriques de cette recherche, ce chapitre s'attache à analyser les principaux travaux portant sur les évolutions du Supply Chain Management dans un contexte de transformation numérique. L'accent est mis sur la blockchain, perçue comme un levier technologique majeur pour repenser les logiques de traçabilité, de coordination et de sécurisation au sein des chaînes logistiques. Ce chapitre s'organise en deux volets complémentaires : une revue de littérature qui synthétise les apports, limites et perspectives identifiés dans les recherches académiques ; et un cadre conceptuel permettant de définir les notions clés mobilisées. L'objectif est de situer clairement la problématique, de justifier les choix méthodologiques et de guider l'interprétation des résultats obtenus.

Section 01 : Revue de littérature

Cette section propose une synthèse des travaux académiques portant sur le Supply Chain Management et les transformations induites par la blockchain. Elle permet d'identifier les apports théoriques existants, de situer la problématique de recherche et de dégager les axes d'analyse pertinents.

1 Constats actuels et défis émergents du Supply Chain Management

Le Supply Chain Management (SCM) a connu une transformation profonde, marquée par l'intégration progressive des technologies numériques en réponse à des exigences croissantes en matière d'efficacité, de durabilité et de transparence. Selon (Oriekhoe, et al., 2024), l'évolution historique du SCM illustre une transition significative, passant de structures hiérarchiques linéaires à des modèles plus intégrés et interconnectés, portés par l'essor de l'Internet des Objets (IoT) et des technologies blockchain. Cette transformation reflète un changement de paradigme, dans lequel l'optimisation des coûts cède progressivement la place à des enjeux de collaboration, de traçabilité, et d'agilité face aux perturbations.

Malgré ces évolutions, les systèmes traditionnels de gestion logistique restent confrontés à de nombreuses limitations structurelles. Comme le soulignent (Chinthamu, et al., 2025), ils peinent à garantir la confiance, la sécurité, la traçabilité et l'efficacité dans les opérations quotidiennes. Ces lacunes exposent les chaînes d'approvisionnement aux manipulations de données, à la fraude, à des inefficacités opérationnelles et à un manque de visibilité en temps réel – autant de défis incompatibles avec les exigences actuelles des marchés globalisés.

Une étude menée par (Deloitte, 2023) met en évidence les vulnérabilités structurelles des chaînes logistiques mondiales, particulièrement révélées lors de la pandémie de COVID-19. Cette crise sanitaire a exposé la dépendance des entreprises à des modèles logistiques en flux tendus, souvent inadaptés aux perturbations majeures. Dans cette optique, le rapport de (Deloitte, 2023) souligne que l'intégration de technologies comme la blockchain peut jouer un rôle crucial pour améliorer la résilience, la transparence et la traçabilité des chaînes d'approvisionnement, tout en contribuant à la réduction des coûts administratifs et à la limitation des risques de rupture. Le cabinet identifie trois leviers stratégiques pour renforcer la robustesse des supply chains : la prévision des risques, le suivi des critères ESG (environnementaux, sociaux et de gouvernance) via des mécanismes de traçabilité, et le renforcement de la confiance dans un écosystème logistique multi-acteurs. Dans un environnement exposé à de multiples perturbations, telles que les tensions géopolitiques, les cyberattaques, l'inflation ou encore le changement climatique, ces leviers apparaissent comme indispensables pour anticiper les vulnérabilités et répondre aux attentes renouvelées des consommateurs et des partenaires (Deloitte, 2023).

2 La blockchain comme levier de transformation de la supply chain

L'intégration de la blockchain dans le Supply Chain Management (SCM) est de plus en plus perçue comme une réponse structurelle aux défis de traçabilité, de transparence et de sécurisation des échanges inter-organisationnels. Cette technologie, à l'origine conçue pour les échanges financiers décentralisés, propose aujourd'hui un registre distribué, immuable et partagé, dont le potentiel dépasse largement son champ d'application initial.

2.1 Apports potentiels de la blockchain à la supply chain

Dans leur étude intitulée *Réflexions sur les usages de la blockchain pour la logistique et le Supply Chain Management : une approche prospective*, (Lesueur-Cazé, Bironneau, Lux, & Morvan, 2022) analysent de manière structurée les usages potentiels de la blockchain dans la logistique. Pour ce faire, les auteurs s'appuient sur le modèle de (Mentzer, et al., 2001), qui distingue six axes fondamentaux du Supply Chain Management, à savoir les flux de produits, de services, d'informations, de ressources financières, les demandes/prévisions, ainsi que la coordination intra et inter-entreprises. Les apports de la blockchain peuvent être analysés à travers les différents flux logistiques (Lesueur-Cazé, Bironneau, Lux, & Morvan, 2022). Pour les flux de produits, elle renforce la traçabilité amont, aval et transversale, garantit la transparence de l'origine et sécurise

les flux physiques, répondant ainsi aux exigences de consommation responsable. Concernant les flux de services, elle fiabilise les prestations via l'accréditation des données et l'automatisation par smart contracts (gestion de stock, remboursements). Pour les flux d'informations, elle sécurise les données et permet de déclencher des actions automatiques, améliorant la fiabilité et la synchronisation. En matière de ressources financières, elle limite les asymétries d'information et permet de réduire le BFR grâce à l'automatisation et aux tokens. Pour les demandes et prévisions, l'intégration de données certifiées améliore la précision des prévisions et alimente les outils d'IA et de BI. Enfin, la coordination intra/inter-entreprises est facilitée par une gouvernance décentralisée reposant sur des règles codées, renforçant les échanges certifiés et les collaborations. D'autres contributions viennent compléter cette analyse en insistant sur les domaines d'application concrets et transversaux de la blockchain dans la logistique. Selon (Chekrouni, Abdellaoui, Elkolli, & Benabbou, 2022), l'une des valeurs les plus reconnues de la blockchain en SCM réside dans l'amélioration de la visibilité et de la traçabilité des flux, ainsi que dans la capacité à automatiser les opérations via les contrats intelligents. Ils ajoutent que « *tout domaine nécessitant une simplification, une numérisation et une rationalisation des processus manuels constitue en réalité un domaine de déploiement potentiel pour les blockchains* ».

En complément de ces approches centrées sur les processus, certaines études proposent une réflexion plus globale sur les implications organisationnelles et stratégiques de l'adoption de la blockchain. Dans sa thèse doctorale, (Laforet, 2022) propose une lecture approfondie du potentiel transformationnel de la blockchain au sein des chaînes logistiques.

En relation avec les travaux de Venkatraman et Henderson (1990), l'autrice soutient que la blockchain peut favoriser un alignement plus cohérent entre les objectifs stratégiques des partenaires et les capacités internes des organisations. Ce rôle structurant repose sur plusieurs propriétés clés : la synchronisation des flux d'information, l'accès en temps réel aux données partagées, et la standardisation des échanges via des smart contracts.

Cette recherche propose une perspective originale en montrant que l'adoption proactive de la blockchain (dans un objectif d'innovation ou de performance durable) génère un effet positif sur l'ensemble du réseau, en renforçant la confiance inter-organisationnelle et en facilitant la convergence des pratiques. À l'inverse, une adoption sous contrainte, dictée par des pressions institutionnelles ou réglementaires, produit un impact limité, principalement cantonné à l'efficacité interne.

(Laforet, 2022) conclut que la blockchain agit comme un levier de transformation systémique, à condition qu'elle s'inscrive dans une vision stratégique intégrée et soit accompagnée d'un travail d'alignement des processus, des SI et des acteurs.

2.2 Cas d'usage concrets de la blockchain en supply chain

Les applications logistiques concrètes de la blockchain s'observent particulièrement dans des cas d'usage liés à la transparence des flux et à l'automatisation des processus. Dans leur étude exploratoire, (Chekrouni, Abdellaoui, Elkolli, & Benabbou, 2022) montrent que la blockchain est déjà utilisée pour le suivi des produits et expéditions, notamment dans des environnements complexes impliquant de nombreux partenaires et systèmes hétérogènes. Un exemple emblématique est celui du partenariat entre Maersk et IBM, où une solution blockchain a été déployée pour rationaliser les procédures douanières et suivre les flux de conteneurs, réduisant significativement les délais de traitement.

Du côté de la grande distribution (Lesueur-Cazé, Bironneau, Lux, & Morvan, 2022) identifient des usages tels que la traçabilité amont des produits alimentaires (ex: les mangues chez Walmart) ou la gestion des retours et rappels en aval. Ils soulignent aussi l'intérêt de la blockchain pour la coordination logistique, notamment via des smart contracts automatisant certaines étapes de contrôle ou de validation.

(Feki & Dudézert, 2023) mettent en lumière l'utilisation de la blockchain dans les secteurs de la grande distribution et de l'agroalimentaire. Leurs travaux révèlent une adoption plus avancée dans la relation client (ex. : transparence des circuits de distribution), tandis que l'intégration entre partenaires inter-entreprises reste encore limitée, freinée par des tensions entre exigences de contrôle et besoins de confiance.

(Laforet, 2022) évoque des cas concrets issus de secteurs variés, comme l'automatisation logistique chez Schneider Electric, la traçabilité dans le textile, la gestion de la chaîne du froid dans la pharmacie, ou encore la certification d'authenticité dans le luxe. Ces initiatives visent à fiabiliser les informations partagées et à renforcer le pilotage des flux dans des contextes multi-acteurs.

La blockchain est également mobilisée pour assurer la traçabilité des marchandises tout au long du processus logistique : emballage, transport, entrepôts, livraison. Elle trouve des applications spécifiques dans le transport de matériaux sensibles, tels que les produits pharmaceutiques, afin de garantir le respect des conditions thermiques et d'éviter la contrefaçon. Des entreprises telles que

FedEx et UPS explorent ces usages pour améliorer la transparence des expéditions et le suivi des livraisons (Oracle, 2024) . Ces exemples illustrent une mise en œuvre croissante et concrète de la blockchain dans les opérations logistiques.

3 Conditions, freins et leviers stratégiques pour l'adoption de la blockchain dans la supply chain

L'adoption de la blockchain dans les chaînes logistiques repose sur un ensemble de conditions organisationnelles, technologiques et stratégiques identifiées dans la littérature. Sur le plan organisationnel, plusieurs auteurs soulignent la nécessité d'une gouvernance collaborative, d'un alignement stratégique entre partenaires et d'une transformation des relations inter-entreprises. (Laforet, 2022) met en évidence l'importance d'une gouvernance décentralisée et d'une culture de coopération pour permettre une adoption efficace, tandis que (Lesueur-Cazé, Bironneau, Lux, & Morvan, 2022) considèrent la blockchain comme une technologie institutionnelle redéfinissant les modes de coordination.

Sur le plan technologique, les défis liés à l'interopérabilité, à la cybersécurité et à l'intégration avec les systèmes d'information existants sont récurrents. (Feki & Dudézert, 2023) insistent notamment sur le choix du type de blockchain (publique, privée ou consortium) en fonction des exigences de confidentialité et de contrôle, tandis que (Laforet, 2022) souligne la nécessité d'un alignement progressif entre la blockchain et les infrastructures existantes pour éviter les résistances internes.

Plusieurs travaux identifient des facteurs clés de succès tels que la maturité numérique des organisations, l'engagement des partenaires et le leadership. Des études comme celles (Laforet, 2022) rappellent que la réussite des projets blockchain dépend autant des dynamiques humaines et organisationnelles que de la technologie elle-même. Bien que la blockchain soit perçue comme une technologie prometteuse pour la transformation des chaînes logistiques, sa mise en œuvre reste confrontée à plusieurs freins majeurs. Tout d'abord, des obstacles techniques récurrents sont évoqués, tels que les problèmes de scalabilité, l'intégration difficile avec les systèmes ERP existants, ainsi que la consommation énergétique élevée des protocoles de consensus traditionnels comme le Proof-of-Work (Chinthamu, et al., 2025). À cela s'ajoute une forte incertitude réglementaire, notamment en lien avec le respect des normes telles que le RGPD ou la HIPAA dans les échanges internationaux. D'un point de vue organisationnel, la résistance au changement,

le manque de compétences internes et la difficulté de coordination entre partenaires limitent également l'adoption à grande échelle (Wilson, Johnson, & Brown, 2024) . En parallèle, les études montrent que les projets blockchain en logistique échouent souvent en raison de coûts d'implémentation élevés, d'un retour sur investissement incertain, ou encore d'un manque d'alignement stratégique entre les acteurs (Najati, 2025). Ces limites n'annulent toutefois pas le potentiel de la technologie, puisque plusieurs auteurs soulignent l'importance de stratégies hybrides, associant blockchain, intelligence artificielle et IoT, pour surmonter ces contraintes et favoriser une adoption progressive dans les chaînes d'approvisionnement (Chinthamu, et al., 2025).

Le Tableau 1 propose une synthèse des articles portant sur la blockchain dans le SCM, en précisant pour chaque étude les auteurs et années de publication, le pays d'origine de l'étude, l'objectif poursuivi, les applications de la blockchain présentées ainsi que les limites ou freins évoqués.

Tableau 1 Synthèse des articles sur la blockchain dans le SCM

Auteurs & années	Pays d'origine de l'étude	Objectif de l'étude	Applications de la blockchain présentées	Limites ou freins évoqués dans l'étude
(Chekrouni, Abdellaoui, Elkolli, & Benabbou, 2022)	Maroc	Explorer le potentiel de la blockchain dans le SCM et ses perspectives	Traçabilité, transparence, désintermédiation	Manque de maturité technologique, absence de standardisation
(Lesueur-Cazé, Bironneau, Lux, & Morvan, 2022)	France	Analyser les impacts potentiels de la blockchain sur les flux logistiques	Gestion des flux produits, services, stocks, information, finances, coordination inter-entreprises	Problèmes d'interopérabilité, redistribution du pouvoir, redéfinition des frontières de l'entreprise
(Noor, 2022)	Arabie Saoudite	Évaluer l'impact de la blockchain sur la compétitivité des prestataires logistiques	Traçabilité, précision, transparence, amélioration de la performance	Manque de compréhension, absence d'études spécifiques au transport
(Ghode, Yadav, Jain, & Soni, 2022)	Inde	Explorer les défis et les effets de la blockchain sur la performance SCM	Contrats intelligents, IoT, automatisation, gouvernance décentralisée	Problèmes de scalabilité, conformité réglementaire, intégration SI
(Feki & Dudézert, 2023)	France	Analyser l'usage réel de la blockchain dans un cas concret de grande distribution	Suivi de produits, sécurité des données, rationalisation des flux	Résistance au changement, ajustement des systèmes existants

Source : élaboré par nos soins à partir des articles analysés.

Tableau 2 (suite) Synthèse des articles sur la blockchain dans le SCM

Auteurs & années	Pays d'origine de l'étude	Objectif de l'étude	Applications de la blockchain présentées	Limites ou freins évoqués dans l'étude
(Sekar, Tech, Brooks, & Noteboom, 2024)	États-Unis	Identifier les facteurs influençant l'adoption de la blockchain dans les SCM	Visibilité en temps réel, contrats intelligents, sécurité des données	Complexité technique, besoin de formation, gestion du changement
(Wilson, Johnson, & Brown, 2024)	Royaume-Uni	Étudier le potentiel de transformation et les implications stratégiques de la blockchain	Traçabilité des produits, réduction des coûts, automatisation via smart contracts	Complexité technique, manque de compétences, coûts élevés, cadre réglementaire flou
(Rivera, Gauthier-Umaña, & Chauhan, 2024)	Colombie	Identifier les freins à l'adoption dans les marchés émergents d'Amérique latine	Traçabilité, contrats intelligents, efficacité dans les flux primaires	Manque de régulation, faible infrastructure, peu d'information, marché local limité
(Oriekhoe, et al., 2024)	Nigeria et Royaume-Uni	Synthétiser les recherches sur la blockchain dans le SCM	Suivi en temps réel, sécurité, résilience, transparence	Contraintes technologiques, régulation, collaboration multi-acteurs
(Chinthamu, et al., 2025)	Inde et États-Unis	Proposer un cadre blockchain écoénergétique et conforme pour la logistique	Tracking en temps réel, contrats intelligents, ZKP, DAOs	Conformité RGPD/HIPAA, intégration systèmes, consommation énergétique

Source : élaboré par nos soins à partir des articles analysés.

Synthèse critique

Une synthèse critique des travaux analysés montre que la majorité des recherches mettent l'accent sur les apports de la blockchain en matière de traçabilité, de transparence, d'automatisation des flux et de renforcement de la confiance inter-organisationnelle (Lesueur-Cazé, Bironneau, Lux, & Morvan, 2022). Ces études soulignent notamment l'intérêt de la technologie dans l'amélioration de la visibilité en temps réel, la gestion des contrats intelligents et la sécurisation des données au sein des chaînes (Sekar, Tech, Brooks, & Noteboom, 2024) (Wilson, Johnson, & Brown, 2024). Par ailleurs, une dimension souvent négligée concerne l'analyse des conditions réelles de mise en œuvre de la blockchain dans des contextes organisationnels complexes. Si les bénéfices théoriques sont largement documentés, les études abordent rarement les résistances au changement, les compétences requises, ou les stratégies de conduite de projet adaptées aux environnements logistiques contraints ((Feki & Dudézert, 2023) ; (Rivera, Gauthier-Umaña, & Chauhan, 2024)).

Section 02 : Cadre conceptuel

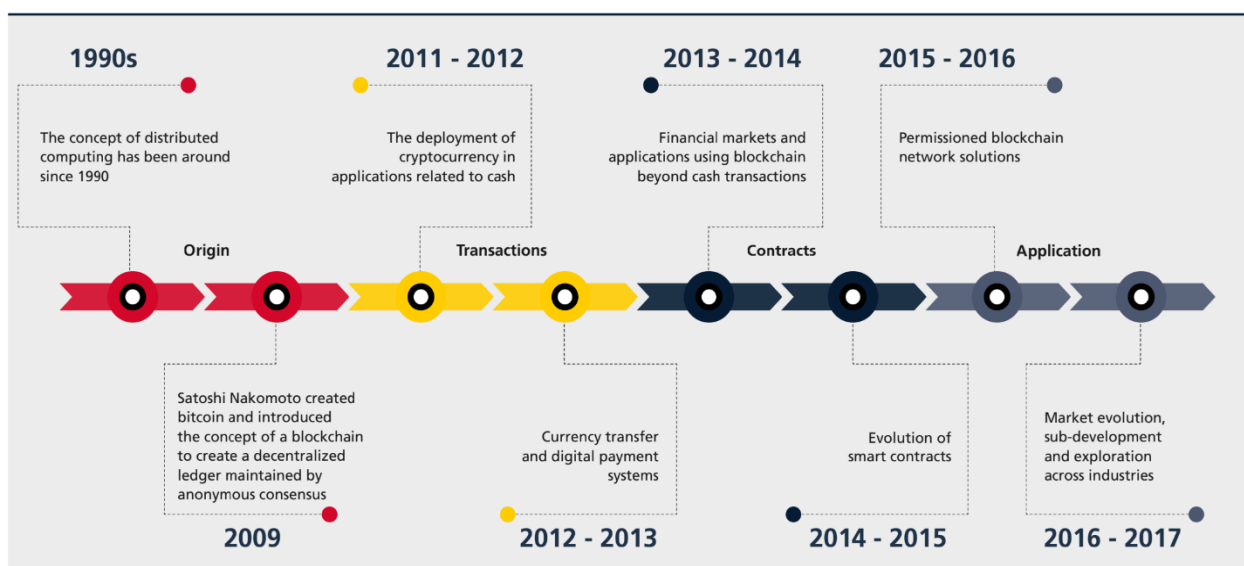
Cette section expose les concepts retenus pour encadrer l'analyse de l'intégration de la blockchain dans le Supply Chain Management. Elle permet de structurer l'étude autour des éléments théoriques jugés pertinents.

1 La technologie blockchain

1.1 Historique et contexte de création :

L'histoire de la blockchain commence en 1991, lorsque Stuart Haber et W. Scott Stornetta développent un système d'horodatage cryptographique conçu pour empêcher la falsification de documents numériques (Wallonie-Bruxelles, 2022). En 2008, Satoshi Nakamoto, pseudonyme utilisé par le créateur du Bitcoin, transforme profondément ce concept en publiant un livre blanc introduisant une architecture décentralisée pour le traitement sécurisé des transactions financières (Iredale, 2020). La technologie blockchain est alors essentiellement utilisée pour soutenir les cryptomonnaies. Selon (Ansell, 2021), l'arrivée d'Ethereum en 2015 constitue une transition fondamentale pour la technologie blockchain. Par l'intégration des contrats intelligents, Ethereum a permis le développement d'applications décentralisées (dApps), élargissant le champ d'application de la blockchain au-delà du seul secteur financier.

Figure 1 Historique de la technologie blockchain



Source : (DHL Customer Solutions & Innovation ; Accenture, 2018)

1.2 Définition et principes fondamentaux

Avant de présenter les principes fondamentaux de la blockchain, il est nécessaire d'en définir clairement les contours. Cette étape permet de poser une base conceptuelle solide pour comprendre ses apports et ses spécificités.

1.2.1 Définition de la blockchain

La blockchain peut être définie de multiples façons selon les auteurs ; les définitions qui suivent en exposent les fondements essentiels.

La blockchain est un registre distribué structuré sous forme de blocs de données liés les uns aux autres. Selon (Quiniou & Debonneuil, 2019), « *les transactions sont stockées dans des blocs qui sont chaînés les uns aux autres d'où le nom de blockchain. Un bloc contient, en plus de transactions, l'empreinte digitale du bloc précédent* ». Cette structure garantit l'immutabilité, la traçabilité et la sécurité des données enregistrées.

(Leloup, 2017) distingue plusieurs niveaux de compréhension de la blockchain. Sur le plan technique, il la décrit comme « *un registre actif, chronologique, distribué, vérifiable et protégé contre la falsification par un système de confiance répartie (consensus) entre les membres ou participants (nœuds)* ». Ce fonctionnement décentralisé renforce la confiance entre les participants en supprimant le besoin d'un tiers de confiance.

1.2.2 Les grands principes de la blockchain

Dans son ouvrage, (Leloup, 2017) présente les grands principes sur lesquels est fondée la blockchain :

- **Le grand livre distribué (distributed ledger)** : un registre 2.0 inspiré du modèle comptable, partagé entre tous les participants du réseau.
- **La décentralisation et la désintermédiation** : l'absence d'autorité centrale signifie qu'il n'y a pas de tiers de confiance.
- **Le consensus** : l'acceptation ou le rejet d'une transaction repose sur un mécanisme de consensus distribué, et non sur une institution centralisée.
- **L'immutabilité** : une fois inscrites dans la blockchain, les données ne peuvent être ni modifiées ni supprimées.

- **La confiance partagée et la transparence** : les données, les opérations et le processus de validation sont accessibles et vérifiables par tous les participants.

En résumé, la combinaison d'un registre décentralisé et d'un consensus collectif renforce les principes de confiance mutuelle, de transparence des données et de partage entre les parties prenantes.

1.3 Comparaison entre blockchain et bases de données centralisées

La blockchain et les bases de données centralisées diffèrent par leur architecture et leur mode de gestion des données. Le tableau suivant présente une synthèse des principales distinctions entre ces deux systèmes. (Banque Delubac & Cie, n.d.)

Tableau 3 Différences entre base de données centralisée et blockchain

Critère	Base de données centralisée	Blockchain
Stockage des données	Les informations sont stockées et gérées sur un serveur unique contrôlé par une entité centrale.	Les données sont réparties sur un réseau de nœuds, chaque nœud possédant une copie de la chaîne de blocs, conçue pour que chaque bloc contienne une référence au bloc précédent.
Modification des données	Les administrateurs peuvent éditer, modifier ou supprimer les données à leur discrétion.	Les blocs sont protégés par des hachages cryptographiques. Toute modification d'un bloc nécessite de recalculer les hachages de tous les blocs suivants, rendant ainsi les altérations pratiquement impossibles. De plus, toute modification requiert un consensus entre les participants du réseau.
Historique des données	Conserve généralement les informations les plus récentes, sans historique complet.	Maintient un enregistrement complet de toutes les transactions depuis l'origine, assurant une traçabilité totale.
Sécurité des données	La sécurité dépend des mesures mises en place par l'entité centrale, avec un point de défaillance unique.	La sécurité est renforcée grâce à la décentralisation, la réplication des données sur l'ensemble du réseau, la difficulté de modification des données, la transparence du processus et la nécessité d'un consensus pour valider les transactions.

Source : élaboré par nos soins, basé sur les informations fournies par (Banque Delubac & Cie, n.d.)

1.4 Architecture technique et fonctionnement

La blockchain repose sur un registre distribué synchronisé entre plusieurs nœuds du réseau, assurant transparence, sécurité et résilience (Comprendre la Blockchain, 2023). Les transactions sont validées par des mécanismes de consensus et protégées par des techniques cryptographiques, garantissant l'intégrité et l'immuabilité des données.

1.4.1 Composants du réseau blockchain

Bloc

Il constitue l'élément de base d'une blockchain. Il contient un ensemble structuré de données essentielles permettant d'assurer l'intégrité, la traçabilité et la sécurité des échanges dans le réseau. Il regroupe des informations relatives aux transactions et est cryptographiquement lié au précédent, formant ainsi une chaîne ordonnée et infalsifiable.

Les éléments d'un bloc sont synthétisés dans le tableau ci-dessous (**Cryptomus, 2024**) (**Ansell, 2021**).

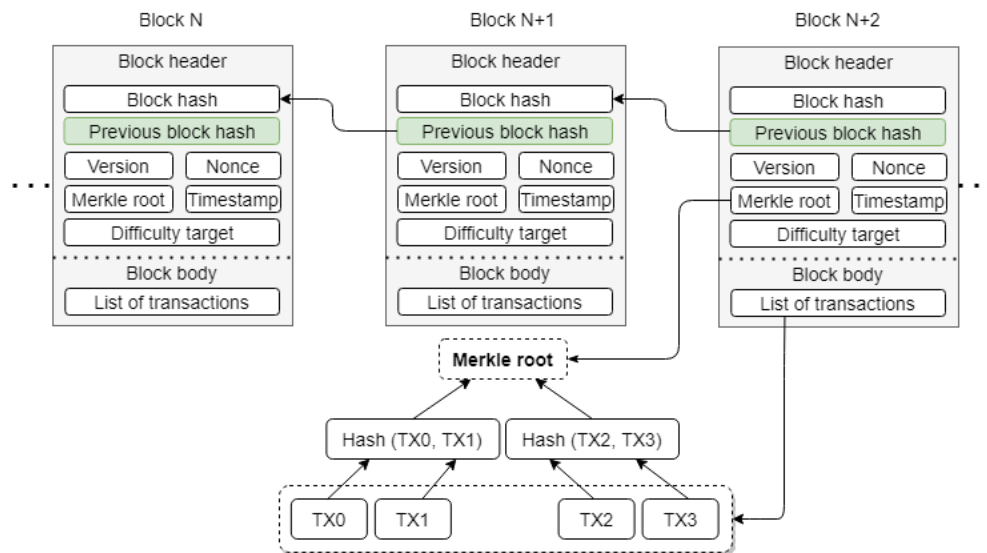
Tableau 4 Éléments d'un bloc blockchain

Élément du bloc	Description
Données de transactions	Il s'agit des enregistrements des opérations validées sur le réseau, regroupées dans le bloc correspondant. Cette partie constitue le cœur du bloc.
Horodatage	Il indique la date et l'heure de création du bloc, assurant le respect de l'ordre chronologique des événements.
Hachage cryptographique	Signature numérique propre au bloc, générée par un algorithme cryptographique. Elle sécurise les données et inclut une référence au hachage du bloc précédent, garantissant l'intégrité et l'immuabilité de la chaîne.
Merkle root	Racine de l'arbre de Merkle qui agrège toutes les transactions du bloc sous forme condensée pour en faciliter la vérification (Iqbal & Matulevičius, 2021).
Numéro de version	Champ indiquant la version du bloc et permettant aux mineurs de signaler leur adhésion à certaines évolutions du réseau, notamment dans le cas d'un soft fork.
Hauteur du bloc	Position du bloc dans la chaîne, déterminée par le nombre total de blocs précédents.
Nonce	Valeur aléatoire testée par les mineurs dans le cadre du processus de minage, jusqu'à ce qu'elle produise un hachage conforme aux critères de validation.
Difficulté cible	Paramètre fixant le niveau de difficulté requis pour le minage, ajusté régulièrement selon les règles du réseau.

Source : Élaboré par nos soins à partir des données de (Cryptomus, 2024)

Le schéma ci-dessous illustre l'architecture générale de la blockchain, en mettant en évidence la structure interne des blocs, leur enchaînement par hachage et l'organisation des transactions via un arbre de Merkle.

Figure 2 Architecture de la blockchain



Source : (Görlach, 2020)

Nœuds de la blockchain

Une blockchain repose sur un réseau composé d'un ensemble d'ordinateurs, chacun jouant le rôle de nœud dans le système (Quiniou & Debonneuil, 2019). Ces nœuds assurent la fonction de stockage, de validation et de transmission des informations à travers le réseau. Ils constituent l'épine dorsale de la blockchain, conservant sa nature décentralisée (Ansell, 2021).

On distingue principalement deux types de nœuds :

- **Nœuds complets** : ils détiennent l'ensemble de l'historique de la blockchain, valident les blocs et les transactions, et conservent une copie complète du registre.
- **Nœuds légers** : ils hébergent une version partielle ou simplifiée de la blockchain, adaptée à des appareils disposant de capacités de stockage limitées, tout en leur permettant de participer aux échanges sur le réseau.

Mineurs

Le mineur, qu'il s'agisse d'un particulier ou d'une société, connecte une ou plusieurs machines au réseau afin de valider les transactions et d'ajouter de nouveaux blocs à la chaîne (Quiniou & Debonneuil, 2019). Ce mécanisme, fondamental pour préserver l'intégrité de la blockchain, repose sur trois étapes principales (Ansell, 2021) :

- **Validation des transactions** : les mineurs s'assurent que les opérations respectent les règles établies et qu'aucune fraude, comme la double dépense, n'est présente.
- **Création de blocs** : ils rassemblent les transactions validées dans un bloc.
- **Consensus** : les mineurs doivent résoudre des énigmes mathématiques complexes, selon le principe de la preuve de travail, pour obtenir le droit d'inscrire leur bloc dans la chaîne.

Les mineurs sont récompensés par des cryptomonnaies, sous forme de pièces nouvellement créées et de frais de transaction, ce qui les incite à sécuriser le réseau, maintenir son fonctionnement et empêcher une seule entité de prendre le contrôle de la blockchain.

1.4.2 Mécanismes de consensus

Le consensus désigne, de manière générale, un accord positif, unanime et non conflictuel entre plusieurs parties, permettant d'agir collectivement sans recourir à un vote formel. Dans le contexte des systèmes distribués et de la blockchain, il s'agit d'un mécanisme essentiel par lequel les nœuds du réseau s'accordent sur la validité des transactions, afin de garantir un registre partagé cohérent et sécurisé. Comme le souligne Leloup, il permet de confirmer un ensemble de faits valides sans autorité centrale. (Kshetri, 2021) précise que ce mécanisme repose sur un ensemble de règles visant à assurer l'intégrité des contributions des participants et l'unicité de l'état du réseau.

- **Preuve de travail (Proof of work)** : Ce mécanisme autorise tous les utilisateurs du réseau à participer à la validation des transactions en entrant en concurrence. Ce protocole se distingue toutefois par des inconvénients notables, tels qu'une forte consommation d'énergie et un temps de traitement relativement long (Kshetri, 2021).
- **La preuve d'enjeu (Proof of Stake, PoS)** : constitue une alternative au mécanisme de consensus par PoW. Elle attribue le droit de valider le prochain bloc à un participant actif du réseau ayant immobilisé une certaine quantité de crypto-actifs en garantie (stake). Inspirée de la théorie des jeux, cette méthode repose sur des incitations pour garantir l'intégrité du réseau. L'un de ses avantages majeurs réside dans sa consommation

énergétique nettement inférieure à celle des systèmes fondés sur le calcul intensif comme le PoW.

- **Délégation de preuve de possession – delegated proof of stake (DPoS) :** Selon (Leloup, 2017), le mécanisme de consensus DPoS repose sur un système de réputation dans lequel un nombre restreint de validateurs sont élus par vote. Seuls ces délégués, considérés comme dignes de confiance, sont autorisés à inscrire les blocs dans un ordre défini, chacun à leur tour.
- **La preuve d'autorité (PoA) :** est un mécanisme de consensus dans lequel la validation des transactions et des blocs est assurée par des nœuds de confiance préalablement approuvés.
 - Les validateurs sont généralement des individus ou des organisations dont l'identité a été vérifiée.
 - Le PoA se distingue par une grande efficacité et une rapidité d'exécution, mais cela se fait au détriment d'une certaine décentralisation, ce qui en fait une solution adaptée aux blockchains privées, notamment dans les contextes professionnels (Ansell, 2021).

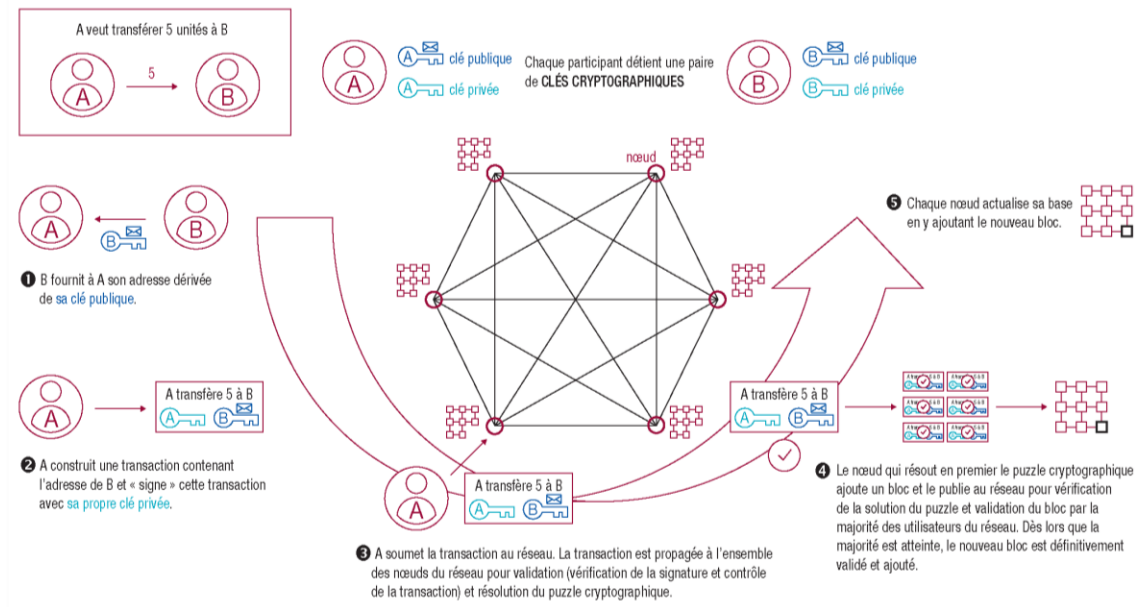
Processus de validation d'une transaction dans une blockchain à preuve de travail

Le schéma ci-dessous, tiré d'une publication de la (Banque de France, 2022), présente les différentes étapes de validation d'une transaction dans une blockchain utilisant le mécanisme de consensus par PoW:

Ce processus se déroule en cinq grandes étapes :

1. **Échange d'adresse :** le destinataire B transmet à A son adresse dérivée de sa clé publique.
2. **Création et signature de la transaction :** A rédige la transaction et la signe avec sa clé privée.
3. **Diffusion au réseau :** la transaction est diffusée à tous les nœuds pour vérification et inclusion.
4. **Résolution du puzzle cryptographique :** les mineurs tentent de résoudre un problème mathématique ; le premier à réussir ajoute le bloc contenant la transaction.
5. **Mise à jour du registre :** une fois le bloc validé par la majorité, il est ajouté à la blockchain et répliqué sur toutes les copies du registre.

Figure 3 Schéma de validation d'une transaction en preuve de travail



Source : (Banque de France, 2022)

1.4.3 Types de blockchains

La technologie blockchain s'est développée en plusieurs variantes, chacune répondant à des usages spécifiques et à des exigences opérationnelles variées. On distingue principalement les blockchains publiques, privées, hybrides et de consortium. (Amazon Web Services, s. d.).

- **Blockchains publiques :** Ces réseaux ouverts ne nécessitent aucune autorisation préalable pour y accéder. Tous les participants disposent des mêmes droits de lecture, d'écriture et de validation. Les blockchains publiques sont principalement utilisées pour le minage et les échanges de crypto-actifs tels que Bitcoin, Ethereum ou Litecoin.
- **Blockchains privées :** Contrôlées par une seule entité, ces blockchains parfois appelées blockchains autorisées imposent des règles d'accès aux participants. L'organisation responsable définit qui peut rejoindre le réseau et quelles actions ils peuvent y réaliser. Ce type de blockchain présente un niveau de décentralisation limité. Ripple constitue un exemple représentatif de cette configuration.
- **Blockchains hybrides :** Combinant les caractéristiques des blockchains publiques et privées, ce modèle permet à une organisation de restreindre l'accès à certaines données tout en rendant d'autres informations visibles publiquement. Les contrats intelligents permettent aux utilisateurs externes de vérifier l'exécution d'opérations internes sans accéder à leur contenu. Ce type de structure est particulièrement adapté aux cas d'usage

mêlant confidentialité et transparence, comme la gestion de monnaies numériques par des établissements bancaires.

- **Blockchains de consortium** : Dans cette configuration, plusieurs entités se partagent la gouvernance du réseau. Ce modèle est souvent adopté dans des secteurs où la coopération inter-entreprises est nécessaire et où les responsabilités doivent être partagées. Un exemple est le Global Shipping Business Network Consortium, qui regroupe plusieurs acteurs du transport maritime dans une démarche de digitalisation et de collaboration.

1.4.4 Les protocoles Blockchain

Le concept de protocole blockchain fait référence aux différentes plateformes techniques sur lesquelles reposent les applications décentralisées. Chaque protocole intègre les principes clés de la blockchain tout en les adaptant à des cas d'usage spécifiques (Amazon Web Services [AWS], s. d.). Parmi eux, on distingue notamment :

Tableau 5 Principales plateformes blockchain d'entreprise

Plateforme	Description
Hyperledger Fabric	Projet open source qui propose des outils permettant de développer des blockchains privées. Il s'appuie sur une architecture modulaire, intégrant des fonctions de gestion des identités et de contrôle des accès. Ce cadre convient particulièrement à des usages tels que la logistique, le financement du commerce, les programmes de fidélité ou le règlement d'actifs.
Ethereum	Blockchain publique, open source et décentralisée, utilisée pour développer des applications basées sur des contrats intelligents. Sa déclinaison Enterprise répond aux attentes spécifiques des organisations.
Corda	Solution open source pensée pour les entreprises. Elle permet d'échanger des données de manière sécurisée grâce à des contrats intelligents, tout en assurant la confidentialité entre les acteurs du réseau. Ce protocole est notamment utilisé par les institutions financières.
Quorum	Déclinaison d'Ethereum conçue pour des environnements restreints ou en consortium. Elle permet un contrôle des nœuds par un acteur unique ou un groupe limité, et met l'accent sur la confidentialité et la gouvernance.

Source : élaboré par nos soins à partir des données de (Amazon Web Services [AWS], s. d.).

1.5 Cas d'usage de la technologie blockchain :

Les cas d'application de la technologie blockchain couvrent aujourd'hui un large éventail de secteurs, bien au-delà des crypto-monnaies (Ansell, 2021).

1.5.1 Transactions financières et crypto-actifs

La blockchain permet la réalisation de transactions monétaires de manière directe, sans passer par des tiers. Ce mode d'échange réduit les frais de transaction, accélère les délais de traitement, et permet à des populations exclues du système bancaire de bénéficier de services financiers numériques.

1.5.2 Tokenisation des actifs physiques et numériques

La tokenisation consiste à convertir les droits associés à un actif réel ou immatériel en une unité numérique inscrite sur la blockchain. Une propriété immobilière peut ainsi être divisée en parts numériques accessibles à plusieurs investisseurs. Les œuvres numériques peuvent être enregistrées sous forme de NFT, garantissant leur authenticité et leur traçabilité. Les titres de propriété intellectuelle bénéficient d'un enregistrement infalsifiable, ce qui renforce la sécurité juridique et simplifie leur gestion.

1.5.3 Chaîne d'approvisionnement et logistique

La blockchain permet l'enregistrement chronologique des flux logistiques. Chaque mouvement ou transaction est tracé, ce qui permet de vérifier l'origine d'un produit et de détecter toute tentative de falsification. Ce système optimise la circulation des informations entre les acteurs et renforce la fiabilité des chaînes logistiques.

1.5.4 Secteur de la santé

Les informations médicales sont stockées de manière sécurisée et restent accessibles uniquement aux professionnels autorisés. La blockchain facilite l'échange structuré de ces données entre établissements de santé, garantissant la continuité des soins. Les résultats d'essais cliniques sont conservés dans des registres inviolables, renforçant la crédibilité scientifique.

1.5.5 Système financier

Les transferts d'argent à l'international sont rendus quasi instantanés grâce à des crypto-actifs stables. Les contrats intelligents automatisent l'exécution des engagements contractuels. Les plateformes de finance décentralisée proposent des services financiers sans nécessiter d'intermédiaire.

1.5.6 Gouvernance et processus démocratiques

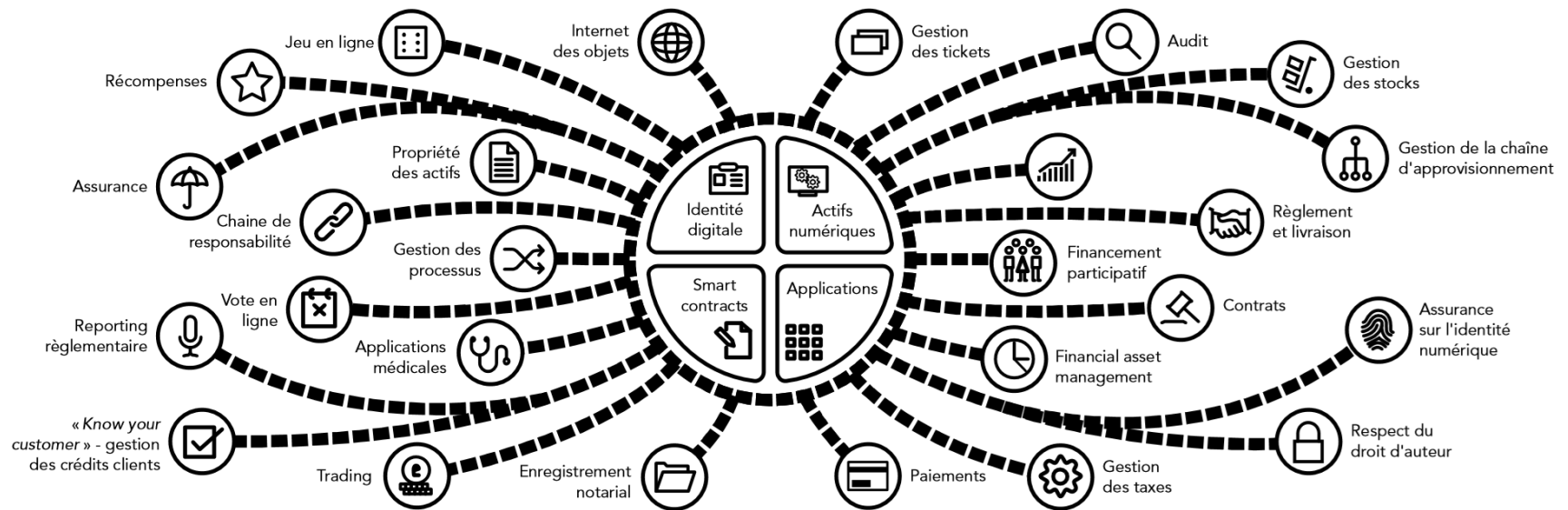
Les décisions et dépenses publiques sont enregistrées dans des registres qui ne peuvent être modifiés, ce qui favorise la transparence et la redevabilité. Les organisations décentralisées permettent une prise de décision collective. Les systèmes de vote fondés sur la blockchain assurent la sécurité du scrutin et permettent un vote à distance avec un dépouillement rapide.

1.5.7 Gestion des identités numériques

Chaque individu peut créer et gérer son identité numérique à travers des identifiants décentralisés. Ce mécanisme limite les risques de vol d'identité et permet un contrôle strict sur les données partagées. L'identité numérique ainsi conçue reste valable indépendamment du territoire et donne accès à des services numériques mondiaux.

Le schéma suivant synthétise les principaux domaines d'application de la technologie blockchain, en illustrant la diversité de ses usages et les apports spécifiques dans chaque secteur.

Figure 4 Cas d'usage de la blockchain



Source : (Beddiar & Imbault, 2018), p. 34, adapté de Deloitte.

1.6 Smart contracts

Le contrat intelligent, ou *smart contract*, désigne un mécanisme technologique qui, bien que reprenant des termes issus du droit, ne correspond pas à la définition classique du contrat. Comme le souligne (Yentcharé), il ne s'agit pas d'un accord entre parties au sens juridique, ni d'un système doté d'une intelligence autonome. Il s'agit plutôt d'un programme informatique structuré autour d'instructions codées, exécuté automatiquement via une blockchain. Ce système permet de faire respecter des engagements prédéfinis sans intervention humaine.

La notion a été introduite par Szabo (1996), qui définit le contrat intelligent comme « un ensemble de promesses, spécifiées sous forme numérique, y compris les protocoles dans lesquels les parties respectent ces promesses ». Il le compare à un distributeur automatique, qui délivre un produit en réponse à une commande, illustrant ainsi la logique conditionnelle « si... alors... » qui sous-tend ces mécanismes. Appliquée aux environnements numériques, cette logique permet une exécution automatisée dès lors qu'un événement déclencheur, transmis par un oracle, se réalise.

Les contrats intelligents se distinguent par trois attributs fondamentaux : l'auto-exécution, l'immutabilité et la transparence (Yentcharé).

- **Auto-exécution**

La capacité d'un contrat intelligent à s'exécuter de façon autonome repose sur une logique conditionnelle encodée directement dans le programme. Lorsqu'un événement prédéfini survient, l'action correspondante est automatiquement réalisée, sans intervention humaine. Ce mécanisme, que Szabo illustre à travers l'exemple du distributeur automatique, permet de garantir l'exécution systématique des obligations inscrites. La chaîne de blocs sert ici de support à l'ensemble du processus, assurant une exécution à la fois rapide, fiable et indépendante des parties.

- **Immutabilité**

Une fois déployé sur une blockchain, le contrat intelligent devient techniquement inaltérable. Sa structure empêche toute modification unilatérale, ce qui garantit la stricte exécution des engagements codés. Comme un mécanisme verrouillé, il applique toujours

les mêmes conditions selon les termes initialement définis, sauf si une fonction de modification a été prévue à l'origine. Cette caractéristique protège les parties contre les tentatives d'altération ou de détournement et renforce la sécurité contractuelle.

- **Transparence**

Les contrats intelligents offrent une transparence native, surtout lorsqu'ils sont déployés sur des blockchains publiques. Leur contenu et leur logique conditionnelle sont accessibles à tous les utilisateurs du réseau, permettant un contrôle permanent et une vérification continue des engagements. Chaque phase, de la définition des conditions à leur exécution, est consultable, ce qui renforce la confiance entre les parties et réduit les malentendus en rendant chaque interaction explicite et traçable.

2 Evolution du concept et enjeux de la supply chain

La logistique trouve ses racines dans l'organisation militaire, où elle constituait un facteur d'efficacité décisif. Progressivement, elle a été transposée au secteur civil, s'adaptant aux besoins croissants des industries en matière de gestion des flux. L'évolution vers le Supply Chain Management (SCM) reflète un changement de paradigme : d'une fonction de soutien à une approche systémique et stratégique de pilotage global des processus. Le SCM s'impose aujourd'hui comme un levier de performance, de compétitivité et de résilience organisationnelle.

2.1 Origines militaires de la logistique

L'étymologie du mot "logistique" renvoie à ses origines militaires. Issu du titre de "maréchal des logis", il désignait un officier responsable des campements et approvisionnements (Le Moigne, 2017). Cette mission visait à garantir que les troupes disposent des ressources au bon endroit et au bon moment, un principe encore central aujourd'hui.

Au XVII^e siècle, l'évolution des stratégies militaires a conduit à des dispositifs logistiques plus structurés. Gustavus Adolphus et Michel Le Tellier ont instauré des réseaux de magasins militaires pour assurer l'approvisionnement des armées en campagne, renforçant la planification des opérations et réduisant la dépendance au pillage (Le Moigne, 2017).

Sous Napoléon, la logistique est devenue une fonction organisée, avec la création de corps dédiés comme le train des équipages. Toutefois, l'échec de la campagne de Russie en 1812 a démontré les conséquences dramatiques d'une logistique défaillante face aux contraintes du terrain.

Au XXe siècle, les deux guerres mondiales ont donné à la logistique une dimension industrielle. La Seconde Guerre mondiale a vu l'émergence de chaînes d'approvisionnement globales complexes (Christopher, 2016). Le débarquement de 1944 incarne cette montée en puissance logistique et marque l'introduction des méthodes quantitatives de gestion, préfigurant la recherche opérationnelle (Le Moigne, 2017).

2.2 Émergence de la logistique civile

La logistique civile s'est développée progressivement à partir de la révolution industrielle, qui a créé un besoin accru de gestion des flux entre production et consommation. (Soulier, 2021) retrace ses origines jusqu'aux manufactures de Colbert, posant les bases d'une logistique organisée.

La mécanisation et la production de masse ont entraîné une explosion des volumes de marchandises, nécessitant des systèmes de transport et de stockage performants. L'essor du rail au XIXe siècle a marqué une avancée majeure dans le transport de marchandises (Christopher, 2016). Au début du XXe siècle, des entreprises spécialisées dans le transport, l'entreposage et la gestion des stocks ont émergé, renforçant l'efficacité des chaînes logistiques. (Belin-Munier, 2014) note que la logistique civile s'est structurée comme une discipline propre, tout en conservant certains principes issus du domaine militaire.

La mondialisation, à partir des années 1950, a encore accéléré cette évolution. L'introduction des conteneurs standardisés a transformé le transport maritime et favorisé l'intermodalité, soutenant le développement de chaînes d'approvisionnement globalisées (Doriol & Sauvage, 2018)

La logistique comme discipline organisationnelle

La logistique est devenue une discipline organisationnelle à part entière à travers trois grandes phases : l'industrialisation, l'automatisation et l'informatisation. Chacune a contribué à faire évoluer la logistique d'une fonction support vers un levier stratégique.

- **L'industrialisation** a introduit les principes de production de masse dans les activités logistiques. Les entrepôts ont standardisé leurs méthodes et utilisé des équipements spécialisés pour gagner en efficacité. Cela a permis des économies d'échelle et l'apparition de modèles mathématiques pour optimiser les stocks et les livraisons (Christopher, 2016).
- **L'automatisation** a marqué la deuxième phase avec l'usage de systèmes mécanisés comme les convoyeurs, les AS/RS et les AGV. Ces technologies ont transformé la gestion des entrepôts, réduisant la main-d'œuvre tout en augmentant la rapidité et la précision (Doriol & Sauvage, 2018).

- **L'informatisation** représente la phase la plus déterminante. L'intégration des WMS, TMS et ERP a révolutionné le suivi en temps réel des flux logistiques, favorisant une approche intégrée plutôt que fragmentée. (Soulie, 2021) souligne que cette évolution a conduit à une vision holistique des flux physiques, informationnels et financiers, posant les bases du Supply Chain Management (Le Moigne, 2017).

Cette professionnalisation s'est aussi traduite sur le plan académique avec la création de formations spécialisées et d'associations comme le Council of Logistics Management. Progressivement, la logistique, longtemps perçue comme un centre de coûts, a été reconnue comme un facteur clé de compétitivité, préparant l'émergence d'une gestion stratégique de la chaîne de valeur.

2.3 L'émergence du Supply Chain Management (SCM)

Le Supply Chain Management (SCM) marque une rupture avec la logistique traditionnelle en adoptant une approche globale et stratégique de la gestion des flux. Si le terme a été formalisé dans les années 1980, ses fondements remontent aux travaux de Jay Forrester (MIT) dès 1958, qui a modélisé les dynamiques industrielles en montrant l'effet Bullwhip – l'amplification des variations de la demande le long de la chaîne (Le Moigne, 2017).

Le concept de SCM a été explicitement introduit par Oliver et Webber en 1982, qui ont proposé une vision intégrée et transversale de la chaîne d'approvisionnement, à gérer comme un système unique (Christopher, 2016). Cette conception rompt avec les logiques fragmentées et invite à une coordination inter-organisationnelle.

Son adoption croissante dans les années 1980-1990 s'explique par plusieurs facteurs : mondialisation, concurrence accrue, et avancées technologiques en systèmes d'information (EDI, puis Internet), qui ont permis une gestion en temps réel des flux (Soulie, 2021).

Par ailleurs, des innovations comme le juste-à-temps et la qualité totale (issus du modèle japonais) ont renforcé la logique d'optimisation continue à l'échelle de la chaîne entière (Doriot & Sauvage, 2018). (Belin-Munier, 2014) qualifie cette transition de changement de paradigme, où l'on passe de l'optimisation locale à une vision systémique des flux, positionnant la logistique comme un pilier stratégique.

2.3.1 Définition et approche systémique du Supply Chain Management

Le Supply Chain Management (SCM) est défini par le CSCMP comme l'intégration des processus clés, de l'approvisionnement à la livraison, pour créer de la valeur pour les clients et les parties prenantes (Le Moigne, 2017). Cette définition souligne trois éléments clés : une approche intégrative, une vision de bout en bout de la chaîne, et un objectif stratégique de création de valeur.

Le SCM repose sur une approche systémique : il considère la chaîne d'approvisionnement comme un système global dont la performance dépend de la cohérence entre ses éléments, et non de l'optimisation de chaque partie isolée (Christopher, 2016).

Cette approche s'appuie sur trois dimensions fondamentales :

- **L'intégration des processus**, pour fluidifier les flux internes (information, produits, fonds)
- **La coordination inter-organisationnelle**, pour renforcer la collaboration avec fournisseurs, clients et partenaires ;
- **L'alignement stratégique**, pour faire converger les objectifs de la chaîne avec ceux de l'entreprise.

Elle implique aussi une transformation organisationnelle, vers des modèles plus horizontaux et collaboratifs (Souliez, 2021), accompagnée de changements culturels et managériaux.

Enfin, la performance d'une chaîne d'approvisionnement ne se limite plus à la réduction des coûts, mais s'élargit à la création de valeur globale pour toutes les parties prenantes (Doriot & Sauvage, 2018). Le SCM moderne vise ainsi un équilibre entre efficacité et résilience, afin de garantir la continuité des opérations face aux incertitudes et perturbations (Christopher, 2016)

2.3.2 Les processus fondamentaux (SCOR Model)

Le modèle SCOR (Supply Chain Operations Reference), développé en 1996 par le Supply Chain Council (désormais intégré à l'APICS), est un cadre de référence reconnu pour décrire, analyser et améliorer les processus de la chaîne d'approvisionnement. Il repose sur cinq processus fondamentaux : Planifier, Approvisionner, Produire, Livrer et Retourner (Christopher, 2016).

- **Planifier** couvre la planification stratégique, tactique et opérationnelle (prévisions, capacités, stocks, production) et vise à aligner ressources et besoins (Doriol & Sauvage, 2018).
- **Approvisionner** regroupe l'ensemble des activités liées à l'acquisition des matières premières (sélection fournisseurs, commandes, réceptions), devenant un levier de compétitivité et d'innovation (Soulier, 2021).
- **Produire** inclut la fabrication, l'assemblage et le conditionnement. Il s'étend aussi aux services, avec un accent sur la flexibilité face à la volatilité de la demande (Belin-Munier, 2014).
- **Livrer** concerne la gestion des commandes, l'entreposage, le transport et la livraison finale. C'est un processus clé pour la satisfaction client (Christopher, 2016).
- **Retourner**, lié à la logistique inverse, englobe les retours produits, leur traitement et leur réintégration. Il est devenu un enjeu économique et environnemental majeur, notamment dans l'économie circulaire (Doriol & Sauvage, 2018).

2.3.3 Fonctions principales du Supply Chain Management

En complément des processus du modèle SCOR, le Supply Chain Management (SCM) repose sur plusieurs fonctions principales, souvent réparties en départements, mais devant être étroitement intégrées pour assurer la fluidité des flux.

- **Gestion des achats** : Elle a évolué d'un rôle transactionnel à un rôle stratégique, avec des pratiques comme le sourcing stratégique, le SRM et l'implication des fournisseurs dans l'innovation (Doriol & Sauvage, 2018).
- **Gestion de la production** : Elle regroupe la planification, les opérations manufacturières et le contrôle qualité. L'intégration de concepts comme le lean manufacturing et l'industrie 4.0 permet d'optimiser les flux et de réduire les blocages (Soulier, 2021).
- **Gestion de la distribution** : Elle connecte l'entreprise aux clients via l'entreposage, le transport et la livraison finale. L'essor de l'e-commerce renforce son rôle stratégique avec des modèles comme le D2C ou le click-and-collect (Christopher, 2016).

- **Gestion du transport** : Fonction clé pour l'optimisation des coûts et la réduction de l'empreinte carbone, grâce à des leviers comme la mutualisation et l'intermodalité (Belin-Munier, 2014).
- **Gestion de l'entreposage** : Elle va au-delà du stockage traditionnel et devient un nœud stratégique de la chaîne avec des opérations à valeur ajoutée telles que le cross-docking et la personnalisation retardée. L'automatisation transforme cette fonction avec des entrepôts intelligents (Doriol & Sauvage, 2018).

L'intégration transversale de ces fonctions reste un défi majeur. Le cloisonnement fonctionnel freine encore l'optimisation globale, ce qui pousse les entreprises à créer des équipes multidisciplinaires ou centres d'excellence SCM pour renforcer la collaboration et l'alignement stratégique (Soulie, 2021).

2.3.4 Processus logistiques et coordination

La coordination des processus logistiques est un enjeu central du Supply Chain Management, nécessitant une intégration à deux niveaux :

- **Horizontale**, pour synchroniser les activités entre fonctions et partenaires ;
- **Verticale**, pour aligner décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles.

L'intégration horizontale vise à supprimer les silos fonctionnels et fluidifier les flux sur l'ensemble de la chaîne. Elle repose sur :

- Des systèmes d'information intégrés comme les ERP, qui améliorent le partage de données et la réactivité (Doriol & Sauvage, 2018);
- Des équipes transversales, favorisant une approche collaborative et systémique des projets logistiques (Soulie, 2021),

L'intégration verticale cherche à garantir la cohérence des décisions à tous les niveaux. Le Sales & Operations Planning (S&OP) en est l'exemple type, permettant de concilier les plans commerciaux avec les capacités opérationnelles (Belin-Munier, 2014); (Doriol & Sauvage, 2018).

L'objectif global est la synchronisation des flux (produits, informations, fonds) pour minimiser stocks, délais et gaspillages. Des approches comme le DDSCM, le CPFR, ou encore le Lean Supply Chain permettent de mieux piloter les flux, réduire l'effet Bullwhip et optimiser les performances globales.

Cependant, la complexité croissante des réseaux et la volatilité des marchés rendent la synchronisation parfaite difficile à atteindre, exigeant un compromis permanent entre intégration et flexibilité (Soulier, 2021).

2.3.5 Acteurs de la chaîne d'approvisionnement

La chaîne d'approvisionnement moderne mobilise une diversité d'acteurs internes et externes dont la coordination est essentielle à la fluidité des flux et à la création de valeur.

- **Acteurs internes :**

La production assure la transformation des intrants en produits finis et devient plus flexible et réactive face aux fluctuations de la demande (Doriol & Sauvage, 2018).

Les systèmes d'information (IT) occupent désormais une place stratégique, porteurs de l'innovation digitale dans le SCM (analytique, IoT, blockchain) (Soulier, 2021).

La fonction achats joue un rôle central dans le partenariat fournisseur, la gestion des risques et l'innovation, au-delà des simples négociations de prix (Christopher, 2016).

- **Acteurs externes :**

Les fournisseurs, de plus en plus spécialisés et intégrés, sont désormais des partenaires stratégiques apportant compétence et innovation (Belin-Munier, 2014).

Les prestataires logistiques (3PL/4PL) ne se limitent plus à l'exécution mais contribuent à la conception et l'optimisation des réseaux (Doriol & Sauvage, 2018).

Les clients (B2B ou B2C) deviennent des acteurs actifs : ils participent à la personnalisation, à la conception produit et influencent la logistique (Christopher, 2016).

La complexité croissante de ces réseaux impose une orchestration fine des interactions. Le défi du SCM n'est plus seulement technique mais relationnel, nécessitant des mécanismes de gouvernance collaborative pour aligner les objectifs et renforcer la confiance entre parties (Soulie, 2021),

2.4 Importance stratégique du Supply Chain Management

Le Supply Chain Management (SCM) a évolué d'une fonction purement opérationnelle vers un levier stratégique au service de la performance globale des organisations. Cette montée en puissance s'observe à travers plusieurs dimensions clés :

- **Réduction des coûts** : Le SCM permet d'optimiser les opérations (stocks, transports, achats, gaspillages), générant des économies significatives, particulièrement dans l'industrie manufacturière (Doriot & Sauvage, 2018).
- **Optimisation du capital investi** : En réduisant les stocks et en améliorant la rotation des actifs, le SCM contribue à libérer des ressources financières et à améliorer la rentabilité (Christopher, 2016),
- **Réduction des délais** : Dans un contexte de forte concurrence, raccourcir le time-to-market devient un atout stratégique. Cela passe par la différenciation retardée, la modularité et la révision de l'architecture logistique (Soulie, 2021); (Belin-Munier, 2014).
- **Satisfaction client** : Le SCM joue un rôle majeur dans la qualité de service (disponibilité, fiabilité, flexibilité), devenant un facteur clé de différenciation sur des marchés où les produits se standardisent (Doriot & Sauvage, 2018); (Christopher, 2016).
- **Gestion des risques et résilience** : Face aux incertitudes (crises sanitaires, géopolitiques, etc.), la capacité du SCM à anticiper, absorber et s'adapter constitue un avantage concurrentiel crucial (Soulie, 2021)

Cette importance stratégique se traduit aussi dans la gouvernance : la création de postes de Chief Supply Chain Officer (CSCO) au sein des comités exécutifs témoigne du rôle central du SCM dans la création de valeur et la construction d'un avantage durable (Belin-Munier, 2014).

2.5 Les flux logistiques dans la chaîne de valeur

Le Supply Chain Management moderne repose sur la coordination et la synchronisation de trois flux interdépendants : physiques, informationnels et financiers. Leur gestion intégrée est au cœur de la création de valeur et de la performance des chaînes d’approvisionnement.

2.5.1 Flux physiques

Les flux physiques concernent le mouvement des matières premières, composants et produits finis tout au long de la chaîne. Leur complexité a augmenté avec la mondialisation et la diversité des modes de transport, points de stockage et opérations de manutention ((Christopher, 2016); (Doriol & Sauvage, 2018).

Trois leviers permettent leur optimisation :

- La conception du réseau logistique (localisation des sites, résilience) (Soulie, 2021);
- La gestion multi-échelon des stocks (MEIO), qui considère leur interdépendance (Belin-Munier, 2014);
- L’organisation du transport, via la mutualisation, l’optimisation des tournées et les outils digitaux (Doriol & Sauvage, 2018).

2.5.2 Flux d’informations

Les flux d’informations forment le système nerveux de la chaîne logistique, supportant la coordination, la planification et la réactivité (Soulie, 2021). Ils englobent prévisions, commandes, statuts de livraison, traçabilité, etc.

Leur efficacité dépend de :

- **Technologies intégrées** (EDI, API, IoT, cloud), qui accélèrent les échanges et réduisent les coûts (Belin-Munier, 2014);
- **Visibilité en temps réel** (control towers, supply chain visibility platforms) pour réduire l’incertitude (Christopher, 2016);
- **Traçabilité renforcée**, grâce à la RFID, la blockchain et les QR codes, répondant aux attentes en matière de transparence (Soulie, 2021).

2.5.3 Flux financiers

Les flux financiers assurent la contrepartie monétaire des flux physiques et informationnels. Ils englobent paiements, facturation, financement des stocks, couverture des risques, etc. (Soulie, 2021). Leur performance repose sur :

- **L'efficacité des cycles order-to-cash** (prise de commande à encaissement) et procure-to-pay (achat à paiement), qui influencent directement la liquidité et la rentabilité (Belin-Munier, 2014) ; (Christopher, 2016) ;
- **Le Supply Chain Finance**, avec des solutions comme l'affacturage inversé, pour améliorer la trésorerie globale (Soulie, 2021);
- **La gestion des risques financiers** (change, matières premières, réglementation) via instruments de couverture et stratégies contractuelles (Doriol & Sauvage, 2018).

2.6 Digitalisation de la Supply Chain

La digitalisation transforme en profondeur les chaînes d'approvisionnement, donnant naissance à des systèmes plus connectés, intelligents et adaptatifs. Cette transformation s'articule autour de deux générations majeures : la Supply Chain 4.0 et la Supply Chain 5.0.

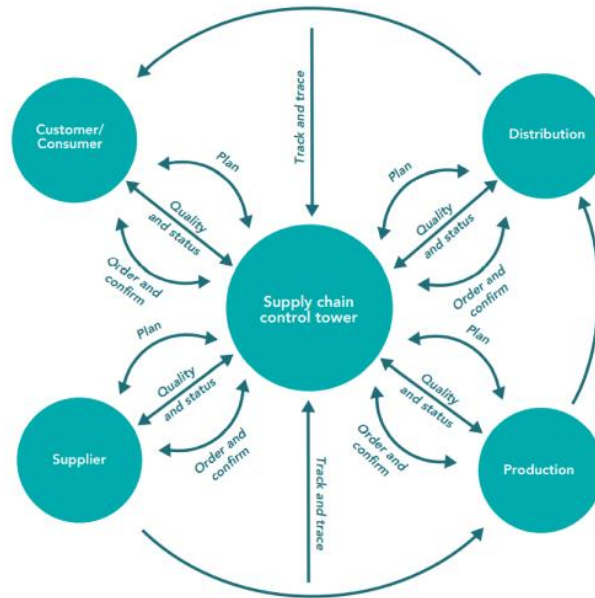
2.6.1 Supply Chain 4.0 : automatisation, connectivité et données

La Supply Chain 4.0, héritée de l'Industrie 4.0, repose sur la convergence entre technologies numériques et opérations physiques (KPMG, 2024). Elle se structure autour de trois piliers technologiques majeurs :

- **Automatisation avancée** : robots, véhicules autonomes, entrepôts automatisés et systèmes de décision intelligents optimisent les coûts, la précision et la fiabilité (Nazarian & Khan, 2024),
- **IoT (Internet des Objets)** : capteurs intégrés aux produits et équipements permettent un suivi en temps réel, une maintenance prédictive et un meilleur contrôle des conditions de stockage (Ghag, Patel, & Kumar, 2025).
- **Big data et analytique prédictive** : le traitement massif des données génère des prévisions précises sur les stocks, pannes et retards (KPMG, 2024).

Ces technologies favorisent une traçabilité en temps réel, renforcée par l'usage combiné de l'IoT, de la blockchain et de l'analytique (Bandara, Silva, & Fernando, 2024). Cependant, leur déploiement implique des investissements lourds, une refonte des processus et une évolution des compétences organisationnelles (KPMG, 2024).

Figure 5 Modèle Supply Chain 4.0



Source : Adapté de PwC (2016a), tel que reproduit dans (World Trade Organization, 2019), p. 108.

2.6.2 Supply Chain 5.0 : vers une chaîne d'approvisionnement human-centric

La Supply Chain 5.0 introduit une vision plus équilibrée, centrée sur l'humain, tout en s'appuyant sur les acquis technologiques de la 4.0. Elle cherche à amplifier les capacités humaines par la technologie plutôt qu'à les remplacer (Ghag, Patel, & Kumar, 2025).

Ses piliers sont :

- **Complémentarité homme-machine** : libération des tâches répétitives pour se concentrer sur l'innovation, la relation client et la résolution de problèmes complexes (Nazarian & Khan, 2024).
- **IA éthique et gouvernance responsable** : exigence de transparence, équité et sécurité dans l'usage des algorithmes (Bandara, Silva, & Fernando, 2024).

- **Durabilité** : intégration des technologies pour réduire l'impact environnemental, optimiser les ressources et soutenir l'économie circulaire (Ghag, Patel, & Kumar, 2025).
- **Résilience post-crise** : capacités d'adaptation rapide face aux disruptions via l'impression 3D, les plateformes collaboratives ou les systèmes reconfigurables (Nazarian & Khan, 2024).
- **Personnalisation de masse** : conciliation entre production standardisée et attentes individuelles, grâce à la modularité et à la fabrication additive (Bandara, Silva, & Fernando, 2024)

La transition vers la 5.0 n'est pas une rupture mais une évolution stratégique, plaçant l'humain et la responsabilité sociale au cœur des chaînes digitalisées. Elle exige une vision holistique, un alignement stratégique et la suppression des silos internes pour réussir (KPMG, 2024).

2.7 Complexification et défis contemporains du Supply Chain Management

Dans un contexte mondial marqué par une instabilité croissante et des mutations rapides, les chaînes d'approvisionnement sont confrontées à une complexité structurelle inédite. Cette complexification se manifeste à travers des dynamiques multiples globales, technologiques, relationnelles et sociétales qui remettent en question les modèles classiques de gestion logistique. Comprendre les sources de cette complexité et les obstacles récurrents constitue un prérequis pour bâtir des stratégies de SCM résilientes et adaptées.

2.7.1 Sources de complexité

Plusieurs facteurs majeurs contribuent à alourdir la structure des chaînes d'approvisionnement :

- **Mondialisation étendue** : L'élargissement géographique des réseaux a entraîné une multiplication des points de contact, des réglementations et des risques. Les chaînes deviennent plus longues, plus fragmentées et donc plus sensibles aux perturbations globales (Christopher, 2016).
- **Instabilité géopolitique** : Les guerres commerciales, sanctions et politiques protectionnistes perturbent la fluidité des échanges. Cela oblige les entreprises à revoir leurs schémas d'approvisionnement et à intégrer des scénarios alternatifs (Soulier, 2021).

- **Multiplication des partenaires** : La diversité croissante des acteurs impliqués (fournisseurs, prestataires, distributeurs) accroît les risques de désalignement, de conflits d'intérêts ou d'incompréhensions. Cette complexité relationnelle nécessite des mécanismes de gouvernance robustes (Doriol & Sauvage, 2018).
- **Diversification des canaux (omnicanalité)** : L'essor du e-commerce et la cohabitation de canaux B2B et B2C imposent une gestion parallèle de modèles logistiques variés, exigeant des infrastructures adaptées comme la logistique du dernier kilomètre (Belin-Munier, 2014).
- **Accélération des cycles produits** : Dans certains secteurs, les produits deviennent obsolètes plus vite, ce qui impose une réactivité accrue et une capacité à reconfigurer les flux en permanence (Soulier, 2021).
- **Exigences client élevées** : Les clients attendent davantage de personnalisation, de rapidité et de transparence, ce qui pousse les entreprises à segmenter finement leurs chaînes au risque d'en alourdir la gestion opérationnelle (Soulier, 2021).
- **Pressions sociétales et réglementaires** : La montée des préoccupations en matière de durabilité, de conditions de travail et de traçabilité ajoute une couche de complexité supplémentaire, notamment dans la gestion des fournisseurs éloignés ou peu visibles (Doriol & Sauvage, 2018).

2.7.2 Obstacles récurrents à la performance des chaînes

Face à ces défis, plusieurs freins structurels limitent la capacité des entreprises à piloter efficacement leurs chaînes d'approvisionnement :

- **Manque de visibilité de bout en bout** : Malgré les technologies disponibles, les entreprises manquent souvent d'une vision complète de leurs réseaux, notamment au-delà du premier niveau de fournisseurs. Cette opacité entrave l'anticipation et la gestion proactive des risques (Christopher, 2016); (Belin-Munier, 2014).
- **Coordination inter-organisationnelle difficile** : Les intérêts divergents, les asymétries d'information et les barrières culturelles compliquent la coopération. Même les outils

collaboratifs comme le CPFR échouent souvent à dépasser le stade expérimental faute de confiance et de gouvernance adaptée (Soulier, 2021); (Doriol & Sauvage, 2018).

- **Vulnérabilité aux disruptions** : L'optimisation excessive (flux tendus, stocks minimales, fournisseurs concentrés) a rendu les chaînes efficaces mais fragiles. Les crises comme le COVID-19 ont mis en évidence le besoin d'intégrer la résilience comme critère de conception (Christopher, 2016), (Belin-Munier, 2014).
- **Pénurie de compétences** : La digitalisation du SCM requiert des profils rares mêlant savoir-faire technologique, analytique et stratégique. L'écart entre les besoins des organisations et les compétences disponibles continue de s'aggraver (Doriol & Sauvage, 2018).
- **Rigidité organisationnelle** : Les structures hiérarchiques traditionnelles, les systèmes d'évaluation en silos et les résistances internes au changement freinent la capacité à transformer les pratiques du SCM (Soulier, 2021).
- **Contraintes budgétaires** : Les investissements nécessaires à la modernisation logistique ou à la digitalisation sont souvent retardés, faute de retour sur investissement clair et rapide. Les logiques court-termistes entravent les transformations stratégiques (Christopher, 2016)

La complexification des chaînes d'approvisionnement n'est pas un phénomène conjoncturel mais structurel et multidimensionnel. Les entreprises doivent adopter des approches renouvelées, combinant agilité stratégique, collaboration élargie et exploitation ciblée des technologies pour répondre aux nouvelles exigences du marché et renforcer leur résilience. Comme le souligne (Soulier, 2021), cela implique non pas un simple ajustement, mais une réinvention complète du pilotage et de la gouvernance des chaînes logistiques.

3 Convergence entre blockchain et Supply Chain Management

La convergence entre la blockchain et le Supply Chain Management ouvre de nouvelles perspectives en matière de traçabilité, de coordination et de sécurisation des échanges. Cette section examine les principaux apports de cette technologie aux chaînes logistiques.

3.1 Apports de la blockchain au SCM

La blockchain représente une innovation technologique majeure dont l'intégration au Supply Chain Management (SCM) transforme profondément les paradigmes traditionnels de gestion des flux.

- **Décentralisation** : L'architecture distribuée de la blockchain élimine les autorités centrales traditionnelles et redistribue le pouvoir de validation à l'ensemble du réseau. Cette configuration permet de fluidifier les interactions entre les différents acteurs logistiques, souvent dispersés et aux intérêts divergents, en supprimant les points de contrôle uniques. Cela réduit les frictions, accélère les délais décisionnels, et favorise une gouvernance partagée plus agile (Sekar, Tech, Brooks, & Noteboom, 2024).
- **Transparence et confiance** : Grâce à la visibilité offerte par la blockchain, chaque transaction validée devient accessible aux parties prenantes autorisées, ce qui limite considérablement les asymétries d'information. Cette transparence participe au renforcement de la confiance, car elle rend toute tentative de dissimulation ou de manipulation plus difficile. Elle constitue un levier central pour améliorer la coopération inter-organisationnelle dans des chaînes de valeur globalisées (Rivera, Gauthier-Umaña, & Chauhan, 2024).
- **Immuabilité des données** : Une fois qu'une transaction est enregistrée dans le registre blockchain et validée par le consensus, elle devient inaltérable. Cette immuabilité garantit un historique fiable des événements logistiques, essentiel dans les audits, la gestion de litiges ou la traçabilité des non-conformités. Elle s'appuie sur des mécanismes cryptographiques qui rendent les falsifications pratiquement impossibles (Noor, 2022).
- **Automatisation via smart contracts** : Les smart contracts sont des programmes auto-exécutables intégrés à la blockchain qui déclenchent automatiquement des actions lorsqu'un ensemble de conditions est réuni. Dans le SCM, cela se traduit par la gestion automatique des paiements à réception, l'application des pénalités de retard ou la vérification de conformité sans intervention humaine. Ils permettent ainsi d'optimiser la rapidité, la fiabilité et la transparence des engagements contractuels (Lesueur-Cazé, Bironneau, Lux, & Morvan, 2022).

- **Réduction des coûts de transaction** : En éliminant les intermédiaires et en automatisant les processus de vérification, la blockchain permet de réduire les coûts liés à la recherche d'information, à la négociation des termes contractuels, ainsi qu'à la surveillance des engagements. Ces économies opérationnelles sont particulièrement intéressantes pour les acteurs soumis à des marges faibles ou à des pressions concurrentielles élevées.
- **Renforcement de la résilience** : Enfin, la blockchain améliore la résilience des chaînes logistiques. Grâce à sa structure distribuée, elle évite les points uniques de défaillance et permet de maintenir les fonctions critiques même en cas de perturbation (cyberattaque, incident technique ou géopolitique). Elle s'inscrit ainsi comme un outil clé dans la gestion proactive des risques.

3.2 Usages opérationnels : traçabilité, automatisation et sécurité

- **Traçabilité renforcée**

La blockchain permet un enregistrement immuable et horodaté de chaque étape du cycle de vie d'un produit, de sa fabrication jusqu'à sa livraison. Cette capacité à tracer l'historique complet d'un flux logistique est précieuse dans plusieurs secteurs. Dans l'agroalimentaire, elle garantit l'origine des produits, les conditions de production et de transport, ce qui renforce la sécurité sanitaire. Dans le secteur pharmaceutique, elle permet de vérifier l'authenticité des lots et de prévenir la circulation de médicaments contrefaits. Enfin, dans l'industrie du luxe, chaque article peut être doté d'une identité numérique unique, enregistrée sur la blockchain, ce qui permet d'attester son authenticité et de lutter efficacement contre la contrefaçon.

- **Automatisation des processus**

Les smart contracts offrent un potentiel d'automatisation considérable. Par exemple, un contrat intelligent peut déclencher automatiquement une commande d'approvisionnement dès que le stock atteint un seuil critique, optimisant ainsi la gestion des inventaires. De même, le paiement d'un transporteur peut être exécuté automatiquement à la validation de la livraison, via des capteurs IoT ou des signatures électroniques. Ces mécanismes permettent de sécuriser l'exécution des contrats tout en accélérant les flux. En matière de qualité, les smart contracts peuvent également vérifier automatiquement la conformité des produits selon les critères définis, limitant les erreurs humaines et accélérant les contrôles.

- **Sécurisation des échanges**

Dans un environnement où la circulation de données sensibles est permanente, la blockchain offre une protection renforcée. Le chiffrement des transactions, combiné à un contrôle d'accès granulaire et à une traçabilité des consultations, garantit la sécurité et l'intégrité des données échangées entre partenaires. Les documents logistiques (lettres de crédit, connaissements, etc.) inscrits dans la blockchain sont inviolables, ce qui réduit drastiquement les risques de falsification et de fraude documentaire. Par ailleurs, le mécanisme de validation distribuée rend les attaques informatiques (ex. phishing, usurpation d'identité) beaucoup plus complexes à mettre en œuvre.

- **Coordination inter-organisationnelle**

La blockchain favorise la coopération entre acteurs, même concurrents, en instaurant un espace de confiance partagé. Elle permet de construire des écosystèmes collaboratifs dans lesquels les données de planification, les historiques ou certains indicateurs logistiques peuvent être mutualisés. Cette coordination, tout en respectant la confidentialité des informations sensibles, renforce la synchronisation des actions et la performance globale des chaînes logistiques étendues.

3.3 Enjeux d'adoption : conditions, limites et leviers organisationnels

Malgré ses apports théoriques et ses usages prometteurs, l'intégration de la blockchain dans les chaînes logistiques reste confrontée à plusieurs obstacles. Ces enjeux concernent aussi bien l'organisation interne des entreprises que les dimensions techniques, économiques et juridiques de la technologie.

- **Conditions organisationnelles critiques**

L'adoption de la blockchain repose avant tout sur des facteurs organisationnels. Un leadership stratégique fort est indispensable pour piloter une transformation qui implique des investissements, des ruptures organisationnelles et des arbitrages. L'alignement de la blockchain avec la stratégie globale de digitalisation de l'entreprise est aussi essentiel pour éviter les projets isolés sans impact structurel. De plus, la gestion du changement doit être planifiée avec soin : il s'agit d'accompagner les collaborateurs dans l'évolution de leurs pratiques, de leurs outils et de leur culture. Enfin, le manque de formation reste un obstacle

majeur. Le développement des compétences techniques, juridiques et managériales autour de la blockchain est un prérequis à toute mise en œuvre.

- **Limites techniques**

Sur le plan technologique, plusieurs freins subsistent. L'évolutivité est l'un des principaux défis : les blockchains publiques, par leur lenteur et leur capacité limitée, ne répondent pas toujours aux exigences des flux logistiques massifs. Par ailleurs, l'interopérabilité entre différentes blockchains ou avec les systèmes d'information existants (ERP, WMS, TMS) reste complexe à assurer. La consommation énergétique des blockchains basées sur la preuve de travail (PoW) soulève également des questions de durabilité. Enfin, intégrer une blockchain dans un système d'information déjà opérationnel peut représenter un coût élevé et nécessiter des adaptations lourdes.

- **Contraintes économiques et financières**

Les coûts d'investissement constituent un obstacle important, notamment pour les PME. Développer une solution blockchain implique des dépenses initiales élevées (infrastructure, développement, formation, intégration), difficilement justifiables en l'absence de retours rapides et tangibles. De plus, l'incertitude autour du retour sur investissement en termes de délai, de volume ou d'impact mesurable peut freiner l'engagement des directions générales. Cela limite les déploiements à grande échelle, sauf pour les grands groupes capables d'absorber ces risques.

- **Incertitudes juridiques**

La blockchain soulève plusieurs interrogations juridiques non résolues. D'abord, la valeur légale des transactions et des smart contracts n'est pas encore pleinement reconnue dans de nombreuses juridictions. Cela crée un flou sur leur admissibilité en cas de contentieux, notamment dans les relations internationales. Ensuite, la conformité au règlement général de protection des données (RGPD) constitue un point de tension. L'immutabilité des données, principe fondateur de la blockchain, entre en conflit direct avec certains droits prévus par le RGPD, comme le droit à l'oubli ou la modification des données personnelles. Il est aujourd'hui techniquement très difficile, voire impossible, de supprimer une information inscrite sur une blockchain publique, ce qui pose des défis majeurs en termes de conformité réglementaire.

**CHAPITRE II : CADRE
METHODOLOGIQUE ET ORGANISME
D'ACCEUIL**

Ce chapitre présente la démarche méthodologique adoptée pour explorer les conditions d'intégration de la blockchain dans la chaîne logistique de Numilog SPA. Il expose les choix épistémologiques et les outils mobilisés pour répondre à la problématique de recherche, en justifiant le recours à une approche qualitative centrée sur l'étude de cas. La première partie détaille les principes qui fondent notre posture de recherche, le processus d'échantillonnage, ainsi que les techniques de collecte et d'analyse des données (entretiens semi-directifs, observations terrain, analyse documentaire). La seconde partie propose une description synthétique de l'entreprise Numilog SPA, de ses activités logistiques, et des spécificités organisationnelles et techniques qui constituent le cadre d'ancrage de l'étude. L'objectif est de rendre explicite le lien entre le terrain étudié, les outils mobilisés et les hypothèses théoriques formulées dans le chapitre précédent.

Section 01 : cadre méthodologique

Cette section expose la méthodologie adoptée pour mener notre recherche sur l'intégration de la technologie blockchain dans le Supply Chain Management de Numilog SPA, ainsi que la description des différentes techniques de récolte et traitements de données utilisées pour répondre à notre problématique de recherche.

1 Positionnement épistémologique

Le positionnement épistémologique constitue une étape fondamentale dans toute démarche de recherche scientifique. Comme le souligne (Soler, 2019), l'épistémologie, étymologiquement formée des termes grecs « épistémè » (science, connaissance) et « logos » (discours, langage), peut être appréhendée comme une réflexion sur la connaissance scientifique. Cette conception, particulièrement présente dans la tradition francophone, se distingue de l'approche anglophone qui tend à considérer l'épistémologie comme synonyme de « théorie de la connaissance » au sens large.

Dans le contexte de cette recherche sur l'intégration de la blockchain dans le Supply Chain Management de Numilog SPA, nous adoptons un positionnement constructiviste. Ce choix s'inscrit dans la lignée des réflexions (Avenier & Gavard-Perret, 2012) qui affirment que la problématisation scientifique ne surgit pas spontanément, mais résulte d'une construction intellectuelle. Selon ces auteurs, c'est précisément cette capacité à problématiser qui caractérise l'esprit scientifique authentique. Cette approche reconnaît que la réalité étudiée est en partie construite par les acteurs et que le chercheur participe lui-même à cette élaboration de sens.

Le constructivisme se justifie particulièrement dans notre contexte d'étude pour plusieurs raisons. D'abord, la technologie blockchain et son application dans la supply chain constituent un domaine émergent où les connaissances sont en construction permanente. Ensuite, notre étude s'intéresse aux perceptions, aux freins et aux conditions d'adoption de cette technologie par les acteurs de Numilog SPA, ce qui implique une compréhension des représentations sociales et organisationnelles construites par ces acteurs.

2 Démarche méthodologique adoptée

La méthodologie, selon (Aktouf, 1987) constitue l'étude du bon usage des méthodes et techniques pour conduire une recherche scientifique rigoureuse. Dans le cadre de notre étude, nous avons opté pour une approche qualitative, qui s'inscrit dans la continuité de notre positionnement épistémologique constructiviste.

Cette démarche vise à comprendre en profondeur les phénomènes étudiés à travers les expériences, les discours et les pratiques des acteurs, en privilégiant l'analyse du sens plutôt que la quantification des faits.

Elle se justifie par la nature de notre objet d'étude : comprendre les perspectives d'adoption de la blockchain dans la supply chain de Numilog SPA suppose d'explorer les processus organisationnels, les perceptions des acteurs et les dynamiques de changement. L'approche qualitative permet de dépasser le « quantitativisme excessif » pour proposer une compréhension plus riche et nuancée des phénomènes organisationnels (Aktouf, 1987).

3 Méthodes de collecte des données

Selon (Anadón, 2007), la triangulation méthodologique constitue une stratégie de recherche qui permet de superposer et de combiner plusieurs techniques de recueil de données afin de compenser le biais inhérent à chacune d'entre elles.

Cette approche renforce la crédibilité et la fiabilité des résultats obtenus dans le cadre d'une recherche qualitative.

Dans notre étude, cette triangulation se matérialise par la combinaison de trois méthodes principales : les entretiens semi-directifs, l'observation directe et l'analyse documentaire.

3.1 Entretiens semi-directifs

Les entretiens semi-directifs constituent notre principal outil de collecte de données. Cette méthode, ancrée dans la tradition de la recherche qualitative, permet d'accéder aux représentations, aux expériences et aux perspectives des acteurs organisationnels. (Baribeau & Royer, 2012) précisent qu'elle permet de construire l'histoire de l'expérience de la personne, de clarifier ses intentions, ses motivations, ses choix.

Cette dimension est particulièrement importante dans notre étude, qui cherche à comprendre les perceptions et intentions des acteurs face à l'adoption potentielle de la blockchain.

Notre guide est structuré en trois axes : la digitalisation logistique actuelle, les connaissances et perceptions de la blockchain, et les conditions d'adoption de cette technologie. Il est appliqué à des profils variés au sein de Numilog SPA. Cette diversité offre une vision holistique des enjeux liés à son intégration dans la supply chain.

3.2 Observation directe sur le terrain

En complément des entretiens, nous avons réalisé des observations directes sur les différents processus logistiques de Numilog SPA : réception, stockage, expédition et gestion des anomalies. L'observation directe permet d'appréhender les pratiques effectives, d'identifier les points de friction potentiels ainsi que les opportunités d'amélioration que pourrait apporter la blockchain.

Comme le souligne (Martineau, 2005), l'observation directe permet au chercheur de voir longuement, de près et de l'intérieur les phénomènes qu'il étudie. Cette immersion dans le terrain d'étude offre un accès privilégié aux pratiques réelles des acteurs, au-delà de leurs discours.

Une grille d'observation a été élaborée pour structurer notre démarche et faciliter l'analyse ultérieure des données.

3.3 Analyse documentaire

L'analyse documentaire s'inscrit dans ce que (Oldache & Houatis, 2018) décrivent comme une démarche épistémologique rigoureuse, qui reconnaît l'importance de l'histoire et du contexte dans la compréhension des phénomènes scientifiques et organisationnels. Elle permet également, comme le suggère (Soler, 2019), de saisir les différents usages et significations des concepts dans leur contexte d'application spécifique.

Dans notre recherche, cette analyse inclut des documents internes à Numilog SPA : procédures logistiques, schémas de flux, tableaux de bord Power BI, cartographies du système d'information, etc. Elle permet d'ancrer les résultats dans la réalité organisationnelle et de compléter les données issues des entretiens et des observations.

4 Échantillonnage et sélection des interviewé(e)s

La sélection des interviewé(e)s à notre étude a été guidée par le principe de pertinence théorique plutôt que par une logique de représentativité statistique. Comme le soulignent (Avenier & Gavard-Perret, 2012), dans une démarche qualitative inscrite dans un paradigme constructiviste, le choix du paradigme épistémologique implique également de réfléchir aux conséquences de ce choix sur la sélection des sources de données.

Nos critères de sélection visent à couvrir les différents maillons de la chaîne logistique de Numilog SPA ainsi que les fonctions support (IT, reporting, administratif) qui pourraient jouer un rôle dans l'adoption de la blockchain. Cette diversité des profils permet d'obtenir une vision complète des enjeux, des freins et des leviers liés à l'intégration de cette technologie.

Le tableau ci-dessous présente les principales caractéristiques des personnes interrogées dans le cadre de notre étude, incluant leur fonction, la date et la durée de l'entretien, ainsi que le format de recueil des données.

Tableau 6 Caractéristiques des participants aux entretiens

Fonction	Date de l'entretien	Durée (min)	Matériau empirique
Analyste des systèmes distribués	2025-05-05	60	Enregistrement audio
Responsable d'exploitation logistique	2025-05-08	70	Enregistrement audio
Responsable administratif (ex-responsable exploitation logistique)	2025-05-10	65	Enregistrement audio
Chargée de reporting	2025-05-13	35	Enregistrement audio
Ingénieur chargé d'étude logistique	2025-05-16	-	Réponses écrites à distance

Source : élaboré par nos soins

Notre démarche de recherche prend en compte les exigences éthiques tout au long du processus. Un consentement libre, éclairé et explicite a été obtenu auprès de l'ensemble des participants.

5 Méthode d'analyse des données

Le processus d'analyse comprend plusieurs étapes : la retranscription des entretiens, le codage des données, le regroupement des idées en catégories (freins, leviers, perceptions, conditions d'adoption) et l'interprétation des résultats. Un logiciel d'aide à l'analyse tel que NVivo ou Excel est mobilisé pour organiser les données et faciliter leur traitement.

En complément, une cartographie cognitive est réalisée à l'aide de l'outil Xmind pour visualiser les relations entre les différents concepts et thèmes identifiés. Par ailleurs, Microsoft Visio a été utilisé pour concevoir les schémas des interfaces système ainsi que la modélisation des flux d'information entre les systèmes WMS, ERP SAP, FTP et ETL, permettant d'illustrer clairement les interfaçages et les échanges logistiques. Visio a été privilégié pour sa capacité à modéliser précisément les architectures SI.

Conformément aux principes méthodologiques de la recherche qualitative défendus par (Aktouf, 1987), une triangulation analytique a été effectuée entre les données issues des entretiens, de l'observation terrain et de l'analyse documentaire. Cette triangulation vise à renforcer la fiabilité des résultats en mettant en lumière les convergences, mais aussi les divergences entre les différentes sources de données.

6 Limites méthodologiques

Toute démarche méthodologique comporte des limites qu'il convient de reconnaître et d'explicitier. Dans notre cas, plusieurs contraintes peuvent être identifiées : un nombre limité d'entretiens en raison des contraintes de temps et d'accessibilité, une subjectivité potentielle dans les réponses liée aux rôles des participants ou à leur posture vis-à-vis de l'enquête, et un accès restreint à certaines informations stratégiques ou sensibles.

Comme le rappelle (Soler, 2019), la compréhension d'un phénomène ne peut jamais être totalement garantie par une définition ou une méthode, aussi rigoureuse soit-elle. Elle s'acquiert plutôt par la fréquentation assidue des contextes dans lesquels le phénomène se manifeste.

Section 2 : Présentation de l'organisme d'accueil

Cette section vise à présenter l'organisme d'accueil, Numilog Spa, dans le but de contextualiser l'étude et d'apporter des éléments de réponse à la question de recherche.

Figure 6 Logo officiel de Numilog SPA



Source : Site officiel de Numilog

1 Historique de l'entreprise

Créée en 2007 par le groupe Cevital, Numilog avait pour vocation d'accompagner le développement des activités du groupe en assurant leur prise en charge logistique. Les premières années ont été consacrées à des investissements dans les infrastructures, les ressources matérielles et le développement des compétences internes. L'entreprise s'est progressivement spécialisée dans plusieurs secteurs d'activité, dont l'agroalimentaire, l'électroménager, la grande distribution, l'automobile et la construction.

En 2014, Numilog ouvre ses services à des clients extérieurs, en élargissant son périmètre d'intervention au-delà des filiales du groupe.

En 2019, l'entreprise déclare un chiffre d'affaires d'environ 75 millions d'euros et compte plus de 1 400 employés, avec une expérience de plus de douze années dans le domaine de la logistique.

2 Les missions de Numilog

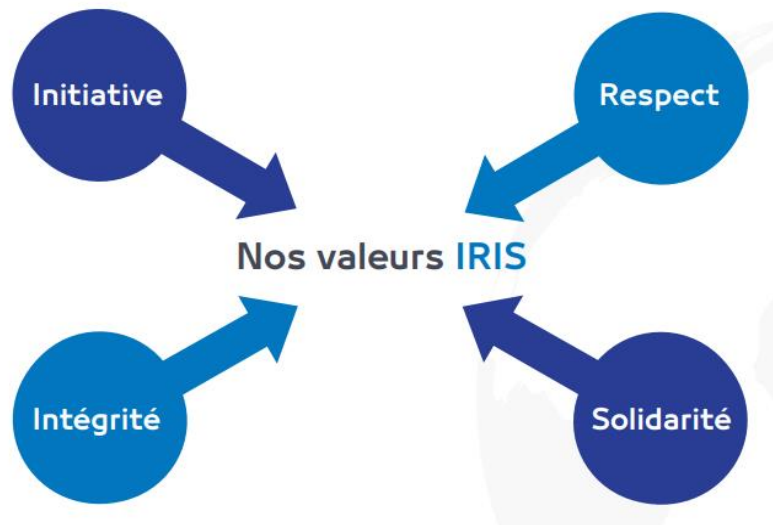
La mission de Numilog s'articule autour de trois axes complémentaires :

- Satisfaire les besoins de ses clients en accompagnant leur réussite,
- Apporter un soutien innovant dans la gestion de leur chaîne logistique,
- Assurer un partenariat fiable et durable sur le long terme.

3 Les valeurs de Numilog

Les valeurs fondamentales de Numilog sont résumées par l'acronyme I.R.I.S. : Initiative, Respect, Intégrité, Solidarité.

Figure 7 Les valeurs de Numilog



Source : Site officiel de Numilog

4 Politique Qualité de Numilog

Dans une logique d'amélioration continue et de compétitivité sur le marché logistique, NUMILOG a formalisé une Politique Qualité conforme aux exigences de la norme ISO 9001:2015. Cette politique vise à renforcer la satisfaction client, assurer la conformité réglementaire et garantir la performance durable de l'entreprise.

Elle repose sur trois axes stratégiques : le respect des cadres législatifs et normatifs en vigueur, le renforcement de relations pérennes avec la clientèle, ainsi que la valorisation des collaborateurs en tant qu'acteurs clés de la performance organisationnelle.

5 Services et solutions proposées par Numilog

5.1 Solution Transport

Numilog met en place une organisation du transport fondée sur plusieurs axes opérationnels, permettant la gestion des flux physiques à l'échelle nationale tout en prenant en compte les contraintes techniques, thermiques et saisonnières.

- **Conception de schémas de transport :**

Numilog élabore des plans de transport adaptés aux contraintes logistiques des clients, en s'appuyant sur une démarche de planification anticipée.

- **Organisation et coordination des moyens de transport :**

L'entreprise prend en charge l'externalisation des opérations de transport, en coordonnant les ressources internes et partenaires, y compris les flottes du client.

- **Transferts de flux amonts et avals en ambiant et en température dirigée**

Numilog exploite une flotte mixte composée de véhicules lui appartenant et de moyens mobilisés via un réseau de transporteurs partenaires. Cette organisation permet d'assurer des livraisons sur l'ensemble du territoire, en mode ambiant ou sous température dirigée, avec un dispositif de suivi garantissant la traçabilité des flux.

- **Opérations saisonnières :**

Des moyens supplémentaires sont mobilisés temporairement afin d'adapter les opérations aux variations saisonnières de la demande.

5.2 Solutions logistiques

Numilog met en œuvre des prestations logistiques comprenant le stockage, la manutention et l'ensemble des opérations associées à la gestion des flux physiques. Ces services visent à soutenir les entreprises dans l'organisation de leurs stocks, la maîtrise de la traçabilité des produits et l'optimisation des coûts logistiques.

- **Analyse et optimisation des implantations**

Cette activité consiste à étudier la localisation des stocks afin de les rapprocher des zones de consommation et de mieux répartir les flux. L'objectif est de rationaliser l'organisation physique des entrepôts et d'améliorer l'efficacité logistique globale.

- **Stockage en ambiant et tri-température**

Numilog dispose de plusieurs plateformes logistiques totalisant 190 000 m², dont 45 000 m² sous température dirigée. Ces installations permettent le stockage de marchandises dans des conditions adaptées, avec des dispositifs assurant la traçabilité et la conservation des produits.

- **Prestations logistiques**

Les prestations comprennent des opérations de manutention, réalisées sur les sites de Numilog ou sur ceux des clients. Elles intègrent l'utilisation de technologies telles que le système de

gestion d'entrepôt (WMS), la radiofréquence, et des solutions de stockage en mode traditionnel ou dynamique. Elles incluent également la préparation de commandes, le co-packing, la mise à disposition d'agents logistiques, la gestion de palettes, ainsi que l'étude d'interfaçage entre ERP et WMS, ou l'intégration des produits dans le système WMS de l'entreprise.

- **Les activités des flux stockés et flux tendus**

L'entreprise prend en charge différents types de flux : flux stockés (gestion de réserve) et flux tendus (approvisionnement direct). Chaque configuration est adaptée en fonction des contraintes opérationnelles et des exigences de réactivité.

5.3 Solution globale

Offre d'une prise en charge intégrale de la supply chain, combinant les services de transport et de logistique dans une solution unique et intégrée.

6 Infrastructures logistiques et de transport

Numilog dispose d'un réseau d'infrastructures logistiques réparties stratégiquement sur le territoire national. L'entreprise exploite quatre principales plateformes logistiques situées à Bouira, Oran (Hassi Ameur), Constantine (El Khroub) et Sétif, totalisant une surface logistique de 250 000 m². Parmi cette surface, 35 000 emplacements palettes sont dédiés au stockage sous température dirigée, afin de répondre à des exigences de conservation spécifiques.

En complément, Numilog s'appuie sur un réseau de 35 centres logistiques régionaux (CLR) répartis sur l'ensemble du territoire algérien. Cette organisation favorise la proximité avec les clients et l'adaptabilité des services, permettant une couverture opérationnelle étendue, y compris dans les zones éloignées.

L'entreprise mobilise une flotte de 800 camions, composée à la fois de moyens propres et de transporteurs partenaires. Ce volume est justifié par la nécessité d'assurer des livraisons quotidiennes à l'échelle nationale, en mode ambiant ou sous température dirigée, tout en absorbant les pics d'activité saisonniers et en maintenant un haut niveau de réactivité.

Le tableau ci-dessous synthétise les principales infrastructures logistiques et de transport de Numilog, ainsi que leur répartition, leurs caractéristiques et leurs fonctions opérationnelles.

Tableau 7 Infrastructures logistiques et moyens de transport de Numilog

Type d'infrastructure	Données clés	Localisation / Répartition	Objectif fonctionnel
Plateformes logistiques	4 plateformes – 250 000 m ² de surface logistique	Bouira, Oran (Hassi Ameer), Constantine (El Khroub), Sétif	Assurer une couverture logistique stratégique à l'échelle nationale
Stockage sous température dirigée	35 000 emplacements palettes	Intégré aux plateformes	Répondre à des exigences spécifiques de conservation
Centres logistiques régionaux	35 centres répartis sur le territoire national	Présence sur l'ensemble du territoire	Favoriser la proximité et l'adaptabilité des services
Flotte de transport	800 camions (moyens propres + partenaires)	Couverture nationale	Assurer les livraisons quotidiennes et absorber les pics d'activité

Source : réalisé par nos soins

7 La plateforme logistique de Bouira

7.1 Présentation générale

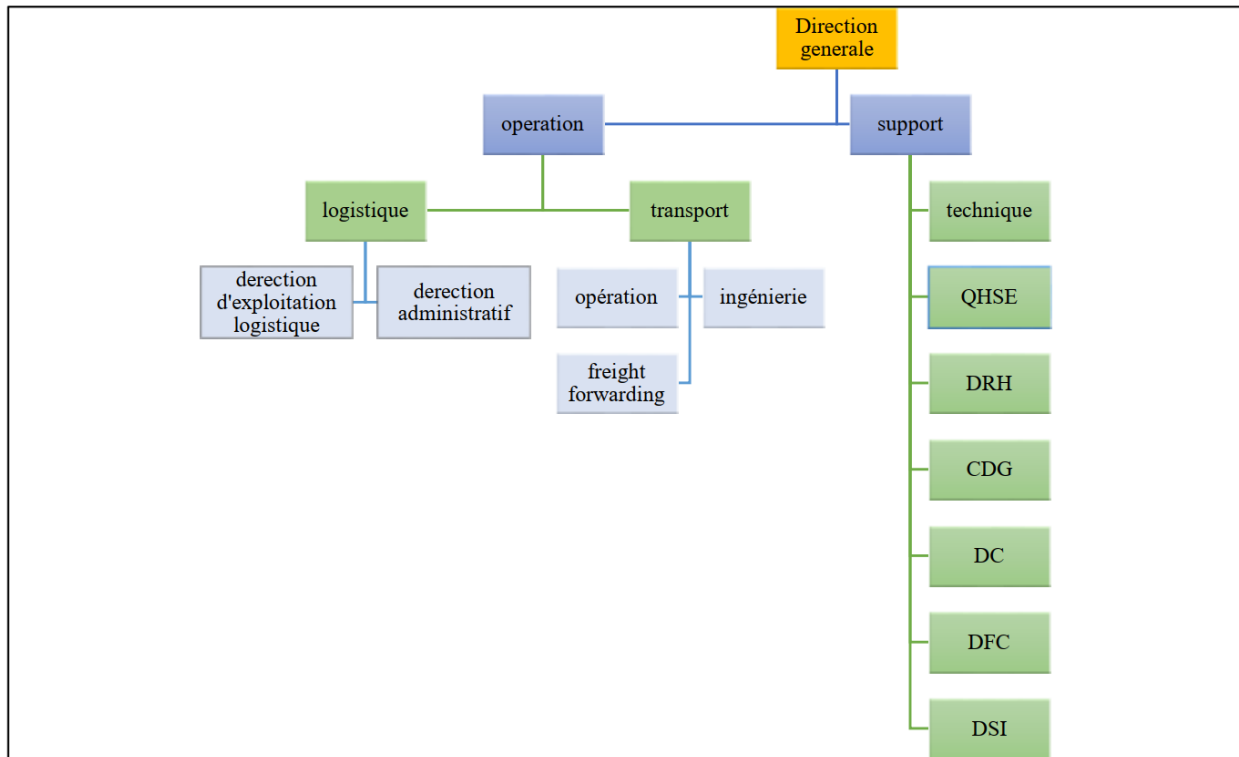
La plateforme logistique (PFL) de Bouira est l'une des quatre plateformes exploitées par l'entreprise Numilog dans le cadre de ses activités de prestation de services logistiques, de transport et de gestion de réseau. Implantée sur la route de Nessis, à 3 kilomètres au sud-ouest de Bouira, elle occupe une superficie globale de 75 000 m², répartie entre 43 000 m² dédiés au stockage à température ambiante, 28 000 m² réservés au stockage sous température dirigée, et 4 000 m² affectés aux espaces administratifs.

Elle dispose d'une capacité de stockage de 62 793 emplacements palettes, répondant aux besoins logistiques en matière de volume. L'infrastructure est organisée en 15 cellules distinctes, permettant d'accueillir à la fois des marchandises en stockage sec et en température dirigée, selon les exigences de conservation. L'aménagement interne repose sur une structuration optimisée des racks, assurant une exploitation rationnelle de l'espace disponible.

Elle constitue aujourd'hui l'une des plus grandes infrastructures logistiques du continent africain.

L'organigramme suivant présente la structure hiérarchique la plateforme logistique de Bouira.

Figure 8 L'organigramme de la PLF Bouira



Source : Document interne – Numilog SPA

7.2 Les activités principales

La plateforme de Bouira assure deux activités principales : la logistique et le transport, qui constituent le cœur de son fonctionnement opérationnel.

7.2.1 La logistique

Elle prend en charge la gestion de quatre dossiers distincts :

Tableau 8 Dossiers gérés – PFL Bouira

Dossier	Type de client	Description de l'activité
	Client interne	Le dossier UNODIS est l'une des activités logistiques les plus importantes et les plus riches de NUMILOG à la PFL de Bouira. Il se distingue par l'application de différents processus logistiques et la gestion d'une multitude de références produits.
	Client interne	Le dossier CEVIFOOD représente une activité centrale en raison de son importance en termes de flux physiques et informationnels. Il constitue également le vecteur principal de distribution des produits de la société mère CEVITAL.
	Client externe	Le dossier DANONE est géré par NUMILOG à travers des prestations logistiques et de stockage. Il concerne des produits laitiers nécessitant un environnement à température dirigée. Ce client externalise sa logistique pour bénéficier d'un avantage concurrentiel.
	Client externe	Le dossier SOBCO est également géré par NUMILOG via la prestation logistique et le stockage. Il concerne des produits de la marque Palmary et s'inscrit dans une démarche d'externalisation logistique visant à obtenir un avantage concurrentiel.

Source : réalisé par nos soins

7.2.2 Le transport

Dotée d'une flotte opérationnelle de 79 camions et de 118 chauffeurs, l'agence de transport Numilog de Bouira assure la prestation de transport de marchandises au profit des entités internes du groupe Cevital, ainsi que pour des clients externes, notamment Danone.

Ce chapitre a permis de définir le cadre méthodologique de notre recherche et de présenter les caractéristiques du terrain étudié. En articulant choix épistémologiques, techniques de collecte et description du contexte organisationnel de Numilog SPA, il établit les bases nécessaires à l'analyse des résultats, qui seront développés dans le chapitre suivant.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

Ce chapitre présente les principaux résultats issus de l'enquête menée auprès des collaborateurs de Numilog SPA, ainsi que des observations réalisées sur les processus logistiques au sein de l'entreprise. Il vise à dresser un état des lieux factuel de la chaîne logistique et du système d'information logistique, en identifiant à la fois les pratiques effectives, les points de blocage, et les marges d'amélioration envisageables dans une perspective d'intégration de la technologie blockchain.

L'analyse repose sur une triangulation rigoureuse des données collectées : l'étude documentaire des procédures internes, les grilles d'observation terrain, et les entretiens semi-directifs réalisés auprès des acteurs clés de la logistique et du système d'information. Cette méthodologie permet de croiser les perceptions internes avec la réalité opérationnelle, et d'évaluer la faisabilité d'une transformation numérique fondée sur la blockchain.

Le chapitre est structuré en trois sections. La première section dresse un diagnostic détaillé des processus logistiques et du fonctionnement du système d'information actuel. La deuxième section propose une analyse thématique des entretiens menés, selon trois axes : digitalisation actuelle, perception de la blockchain, et conditions d'adoption. Enfin, la troisième section confronte ces résultats à la littérature académique existante, et suggère des pistes d'amélioration et des recommandations concrètes pour un usage ciblé de la blockchain au sein de Numilog SPA.

Section 01 : État des lieux et résultats

Cette section présente un état des lieux du fonctionnement logistique et du SI de Numilog. Elle s'appuie à la fois sur l'analyse des procédures internes et sur des observations de terrain.

L'objectif est de comprendre comment les opérations physiques (réception, stockage, expédition, traitement des anomalies) s'articulent avec les outils numériques et les flux d'information pilotés par le SI logistique.

1 Présentation et diagnostic des processus logistiques actuels de Numilog SPA

La performance logistique d'une entreprise comme Numilog Spa, opérant dans le secteur de la logistique et de la gestion de la chaîne d'approvisionnement, repose sur des processus clés interconnectés. Cette section vise à analyser les processus logistiques observés au sein de l'entreprise, en s'appuyant sur des observations terrain et une évaluation critique. Quatre processus principaux ont été étudiés : la réception, le stockage/gestion des stocks, l'expédition et la gestion des anomalies. Ces processus sont essentiels pour assurer la fluidité des opérations et répondre aux exigences des clients.

1.1 Réception des marchandises

La gestion des flux d'entrée constitue un élément fondamental dans l'optimisation des opérations logistiques. Cette analyse porte sur le processus de réception mis en œuvre au sein des sites logistiques Numilog Spa, tant au niveau des plateformes logistiques (PLF) que des centres logistiques régionaux (CLR). Ce processus vise essentiellement à garantir la conformité et la traçabilité des produits destinés aux clients. le processus de réception s'articule autour des phases opérationnelles suivantes :

- **Phase Préliminaire : Accueil et Vérification Documentaire**

Le processus débute par l'arrivée du transporteur sur site, où l'agent de sécurité l'oriente vers l'agent administratif (PLF) ou le chef d'équipe (CLR). Cette étape initiale comprend la présentation des documents de livraison, notamment le bon de transfert, suivie d'une vérification rigoureuse de la destination. En cas de non-conformité, le transporteur est redirigé après notification au coordinateur client. Si la destination est conforme, l'agent administratif prépare une liasse documentaire comprenant l'ordre de déchargement, le bon de réception et la check-list de contrôle du camion.

- **Phase d'Orientation et Préparation Informatique**

L'agent administratif contacte ensuite le chef d'équipe pour déterminer le quai de déchargement approprié et lui transmet la liasse documentaire. Parallèlement, il vérifie dans le système Reflex-WMS si la réception est programmée. Dans le cas contraire, il crée une nouvelle entrée en se basant sur le bon de transfert, en enregistrant les coordonnées du transporteur, le rendez-vous et l'heure d'arrivée.

- **Phase de Déchargement et Contrôle**

Cette phase débute par la vérification de l'authenticité du numéro de plomb mentionné sur le bon de transfert. Toute non-conformité entraîne la création d'un rapport spécifique. Après le stationnement du véhicule au quai désigné et la remise des clés à l'agent logistique, ce dernier procède à l'inspection de l'état de la remorque et de son positionnement, en utilisant la checklist dédiée.

Le déchargement des marchandises s'effectue dans le respect des consignes de sécurité, suivi d'un contrôle quantitatif et qualitatif approfondi. Les non-conformités potentielles (casse, palettes inclinées, dates limites de consommation proches, manques ou surplus, non-respect des consignes) sont documentées dans un rapport spécifique. Les livraisons non conformes sont isolées dans une zone dédiée, avec enregistrement détaillé des informations pertinentes (date de réception, fournisseur, numéro SSCC, immatriculation du véhicule, origine, identité du transporteur, nature de la non-conformité).

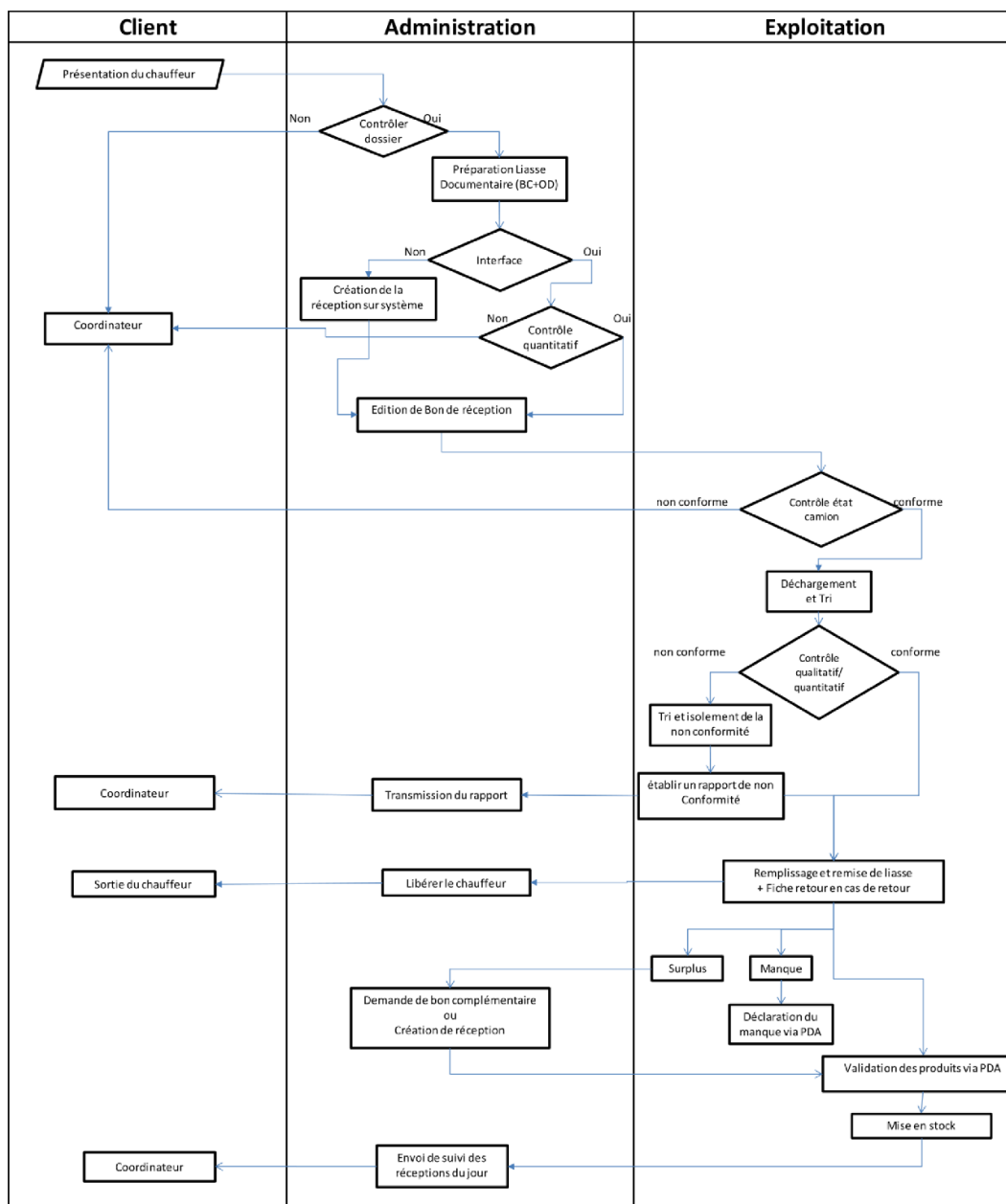
- **Phase d'Enregistrement et Finalisation**

L'agent logistique accède à la réception via un terminal embarqué pour saisir les types d'articles, les quantités et les dates limites de consommation dans le système WMS. Le transporteur retourne ensuite à l'administration avec la liasse documentaire complétée, où l'agent administratif ou le chef d'équipe accuse réception, mentionne les éventuelles non-conformités et enregistre l'heure de sortie du véhicule.

- **Phase de Stockage et Reporting**

Les marchandises sont transportées vers leurs emplacements de stockage désignés, avec validation du mouvement via terminal embarqué. Le processus se conclut par la communication d'un suivi journalier des réceptions au coordinateur client.

Figure 9 Cartographie du processus de réception des marchandises



Source : Document interne – Numilog SPA

Constat sur le terrain de la réception

Les observations issues de la grille (voir Annexe B) datée du 05/03/2025 confirment une exécution globalement conforme de la procédure de réception, mais des faiblesses significatives émergent. Une erreur de destination reçue et des erreurs d'emplacement, bien que rares et corrigées, indiquent une dépendance aux vérifications manuelles, ce qui les rend vulnérables aux erreurs humaines. Le processus repose notamment sur la vérification manuelle des documents (BT, OD, BR) par l'agent administratif ou le chef d'équipe, exposant à des risques en cas de surcharge ou de documents incomplets. Par ailleurs, la communication des Rapports de Non-Conformité (RNC) est centralisée par ces mêmes acteurs, ce qui peut ralentir la remontée d'information et retarder la prise de décision. Enfin, l'absence d'automatisation complète du reporting limite l'efficacité globale, malgré une intégration correcte grâce à l'interfaçage actuel.

Points forts

- **Standardisation et conformité** : L'alignement avec les normes ISO 9000:2015 et ISO 9001:2015 garantit une approche structurée et conforme aux standards de qualité internationaux.
- **Traçabilité** : L'utilisation du WMS et des terminaux embarqués pour enregistrer les informations (quantités, DLC, SSCC) assure une traçabilité robuste des produits, essentielle pour la satisfaction client et la gestion des litiges.
- **Gestion des non-conformités** : La procédure inclut un mécanisme clair pour identifier, documenter et communiquer les anomalies (RNC), réduisant les risques de réception de marchandises non conformes.
- **Clarté des responsabilités** : Les rôles des différents acteurs (agent administratif, chef d'équipe, agent) est de vérifier l'authenticité du plomb est une étape cruciale pour garantir la sécurité des marchandises. Cependant, le processus repose sur une vérification manuelle, ce qui peut introduire des erreurs humaines, notamment en cas de documents mal remplis ou de surcharge de travail.

Faiblesses / Zones à risque

- **Dépendance aux processus manuels** : Plusieurs étapes, comme le contrôle des documents et des numéros de plomb, reposent sur des vérifications manuelles, augmentant le risque d'erreurs, surtout en période de forte activité.

- **Temps de traitement des non-conformités** : La centralisation de la communication des RNC via l'agent administratif ou le chef d'équipe peut créer des goulots d'étranglement, retardant la prise de décision.
- **Manque d'automatisation** : Bien que Reflex-WMS soit utilisé, certaines tâches (ex. : création manuelle de réceptions imprévues, remplissage des liasses documentaires) pourraient être automatisées pour gagner en efficacité.
- **Formation et compétences** : La qualité des contrôles qualitatifs et quantitatifs dépend fortement de la formation des agents logistiques. Une formation insuffisante pourrait compromettre la détection des non-conformités.

1.2 Processus de stockage/gestion des stocks

Le processus de stockage/gestion des stocks chez Numilog Spa organise le suivi et la maintenance des stocks sur les sites PLF et CLR (hors flux tendu). Il inclut le briefing quotidien, la détection des anomalies, l'inventaire, l'analyse des écarts, et la communication de la fiabilité des stocks. Le tableau ci-dessous synthétise les étapes, les acteurs et les supports utilisés selon la procédure de gestion des stocks. On distingue deux types de gestion des stocks selon les méthodes et les objectifs poursuivis :

1. Gestion Quotidienne

Le processus quotidien débute par un briefing organisé par le Gestionnaire des Stocks (GDS) avec son équipe d'inventoristes, durant lequel sont présentées les réalisations de la veille et le plan de charge du jour. Les inventoristes réalisent ensuite une tournée matinale des stocks pour détecter les non-conformités, consignnant leurs observations dans la check-list dédiée qui est transmise au GDS. Ce dernier communique la liste des non-conformités aux Chefs d'Équipe Logistique (CEL) pour correction.

Un élément crucial du processus quotidien est le rapprochement des flux entrées/sorties de la veille. Le GDS communique au client les états extraits de Reflex-WMS, tandis que le client transmet les états issus de son propre système d'information. L'analyse comparative de ces deux sources permet d'identifier les anomalies, généralement classifiées en deux catégories: erreurs de saisie (création d'un mouvement informatique erroné) et erreurs sur le physique (nécessitant un inventaire correctif).

Le GDS extrait également les mouvements réalisés la veille et organise le contrôle quantitatif des emplacements concernés. Cette vérification permet de rapprocher les quantités physiques constatées par l'inventoriste avec les données du système, identifiant ainsi les emplacements présentant des écarts. En cas d'anomalie, la procédure "Traitement des anomalies de stock" est déclenchée.

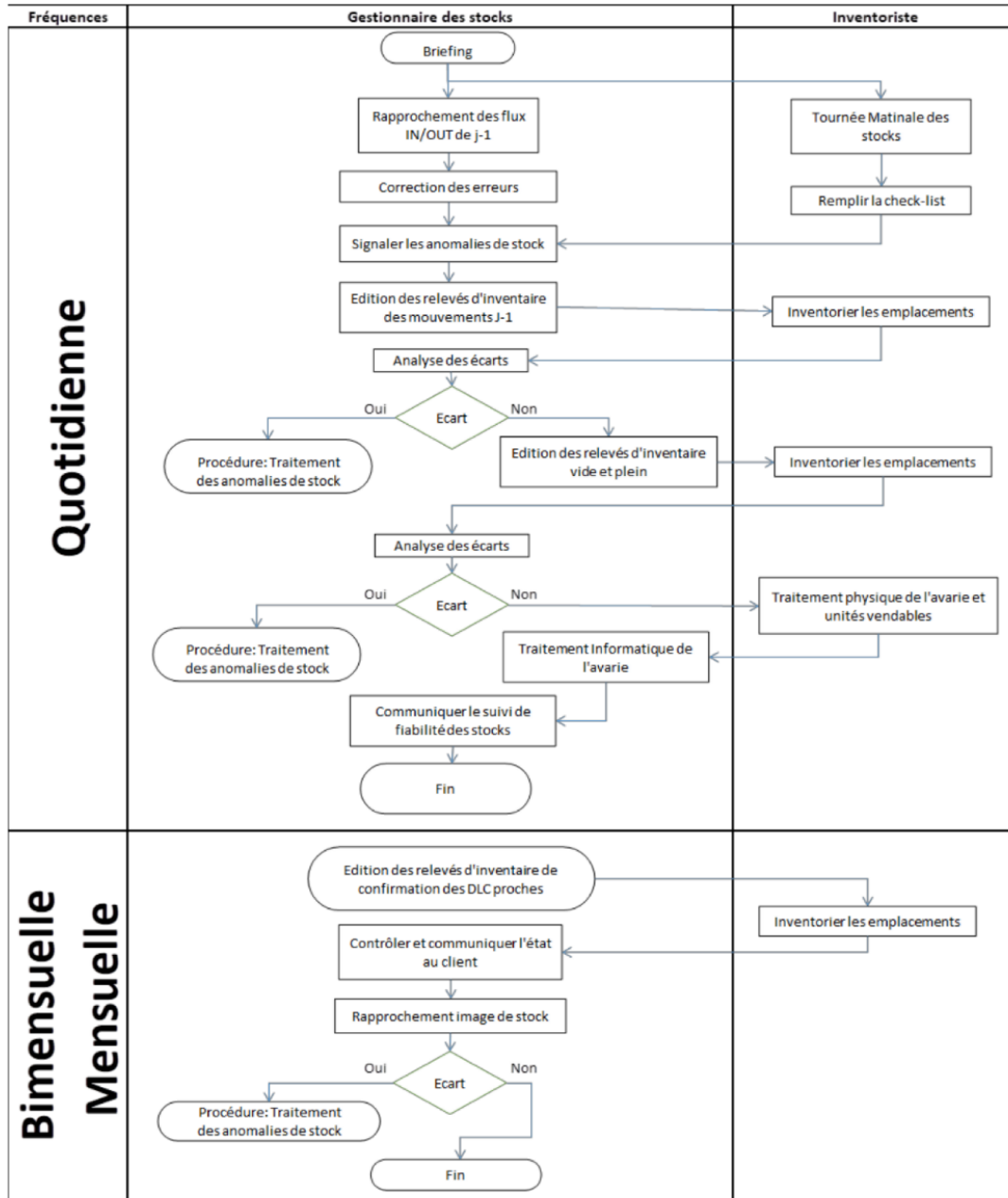
Le processus quotidien comprend également l'édition de relevés d'inventaire pour les emplacements à contrôler, la vérification physique des produits dans leurs emplacements, le traitement de l'avarie et des unités vendables (tri, fragmentation des quantités, déplacement informatique vers les zones dédiées), et la communication du suivi de fiabilité des stocks aux équipes d'exploitation et à la hiérarchie en fin de journée.

2. Gestion Périodique (Bimensuelle/Mensuelle)

À fréquence régulière, le GDS extrait de Reflex-WMS l'état des emplacements à inventorier pour vérifier les dates limites de consommation (DLC). Les inventoristes procèdent à la vérification physique des DLC des produits. En cas de décalage, le GDS effectue les corrections nécessaires dans le système et communique ces informations au client pour prise en charge.

Périodiquement, le GDS réalise également un rapprochement global des quantités en stock entre Reflex-WMS et le système du client, identifiant les articles présentant des écarts et déclenchant si nécessaire la procédure de traitement des anomalies.

Figure 10 Cartographie du processus de stockage et de gestion des stocks



Source : Document interne – Numilog SPA

Constat sur le terrain du stockage et de la gestion des stocks

La synthèse de la grille d’observation (voir Annexe D) datée du 15/03/2025 met en évidence plusieurs limites spécifiques à la gestion des stocks. Malgré une structuration globale du processus, des erreurs d’emplacement subsistent de manière ponctuelle, ainsi qu’une détection différée de certaines anomalies lors des inventaires. La correction des écarts (quantités repose sur des

interventions manuelles, ce qui complexifie la fiabilité de l'information stock. Les outils de suivi (états des mouvements, fiabilité des stocks) sont partagés sous forme de fichiers Excel, ce qui fragilise la continuité de l'information, en particulier lors des fins de shift.

Points forts

- **Briefing structuré** : Le briefing quotidien conduit par le gestionnaire des stocks (GDS) permet une coordination efficace des équipes d'inventoristes, en définissant clairement les objectifs journaliers et en s'appuyant sur les réalisations de la veille.
- **Gestion ciblée des DLC** : La procédure inclut une vérification spécifique des DLC proches via des inventaires dédiés, permettant une prise en charge proactive des produits à risque avant expiration, ce qui réduit les pertes.
- **Analyse approfondie des écarts** : Le processus de rapprochement des flux IN/OUT J-1 et l'analyse des écarts par le GDS permettent d'identifier les causes des anomalies (erreurs de saisie, erreurs physiques), facilitant leur résolution.
- **Traitement des avaries** : La fragmentation et le déplacement informatique des avaries et unités vendables vers des zones dédiées garantissent une gestion ordonnée des produits non conformes.

Faiblesses / Zones à risque

- **Retards dans la détection des anomalies** : Les anomalies (erreurs d'emplacement, écarts de DLC) ne sont souvent détectées qu'après les inventaires ou en fin de shift, ce qui retarde leur traitement et peut affecter la disponibilité des stocks pour les expéditions.
- **Manque de proactivité dans les inventaires** : Les inventaires sont réalisés de manière réactive (après extraction des mouvements J-1 ou détection d'écarts), ce qui limite la capacité à anticiper les problèmes de stock avant qu'ils n'impactent les opérations.
- **Dépendance aux fichiers Excel pour l'analyse** : L'utilisation d'Excel pour extraire les états des mouvements J-1, inventorier les emplacements, et suivre la fiabilité des stocks accroît les risques d'erreurs de manipulation et de désynchronisation des données.
- **Communication différée des résultats** : La transmission du suivi de fiabilité des stocks en fin de shift via e-mail limite la réactivité des équipes d'exploitation, qui ne peuvent pas agir immédiatement sur les écarts identifiés.

- **Charge de travail accrue pour le GDS** : La centralisation des tâches d'analyse, de correction et de communication sur le GDS peut ralentir le processus, surtout lors des périodes d'inventaires intensifs.

1.3 Processus de gestion des anomalies

Le processus de gestion des anomalies chez Numilog Spa traite les écarts de flux, de stocks, ou autres (conditions de stockage, IT) sur les sites PLF et CLR. Il inclut la vérification documentaire, l'investigation (caméras, inventaires), la régularisation, et la communication avec le client. Les phases de traitement varient selon la nature de l'anomalie ; on distingue ainsi plusieurs types de procédures.

1.3.1 Traitement des Anomalies de Flux

Ce type d'anomalie donne lieu à un processus spécifique, structuré en plusieurs phases.

- **Phase d'Investigation Documentaire et Système**

Le processus débute par la vérification de la liasse documentaire relative au mouvement où l'anomalie a été enregistrée. En cas d'erreur d'enregistrement système identifiée, le GDS communique directement avec le client pour régularisation et effectue un mouvement correctif (entrée ou sortie) dans le système pour maintenir la traçabilité.

Si la liasse documentaire correspond au mouvement enregistré dans Reflex-WMS, le GDS procède à l'analyse des enregistrements vidéo de surveillance. Cette vérification peut aboutir à trois scénarios: confirmation du litige (communication au client et régularisation), non-confirmation (déclenchement d'un inventaire ciblé), ou résultats non concluants.

- **Phase d'Inventaire Ciblé**

Selon la nature de l'anomalie, le GDS réalise des inventaires ciblés sur des Groupes d'Éléments d'Information (GEI) spécifiques:

Pour les anomalies de réception: extraction des GEI de la réception concernée et inventaire des emplacements correspondants

Pour les anomalies de prélèvement: extraction des GEI des emplacements impliqués dans un chargement spécifique

Les résultats de ces inventaires sont communiqués au client et en interne. Si l'anomalie est confirmée, le GDS demande une régularisation ; dans le cas contraire, un inventaire plus large des emplacements (vides/pleins) concernant l'article en question est lancé.

- **Phase de Régularisation**

Suite à l'investigation complète, le GDS demande au client un bon de régularisation pour synchroniser les deux systèmes d'information. Le client suit ce bon de régularisation, et les deux parties (client et GDS) valident l'opération dans leurs systèmes respectifs.

1.3.2 Traitement des Anomalies de Stock

Dans ce cas, le traitement suit les phases ci-dessous :

Phase d'Investigation Approfondie

Le processus commence par un inventaire des emplacements (vides/pleins) relatifs aux articles en anomalie. Le GDS analyse ensuite les enregistrements vidéo des chargements effectués depuis le dernier inventaire jusqu'à la date de constat de l'anomalie.

Parallèlement, il contacte les derniers destinataires pour confirmer les quantités reçues de l'article en anomalie, consolidant ainsi les données de traçabilité externe.

Phase de Communication et Régularisation

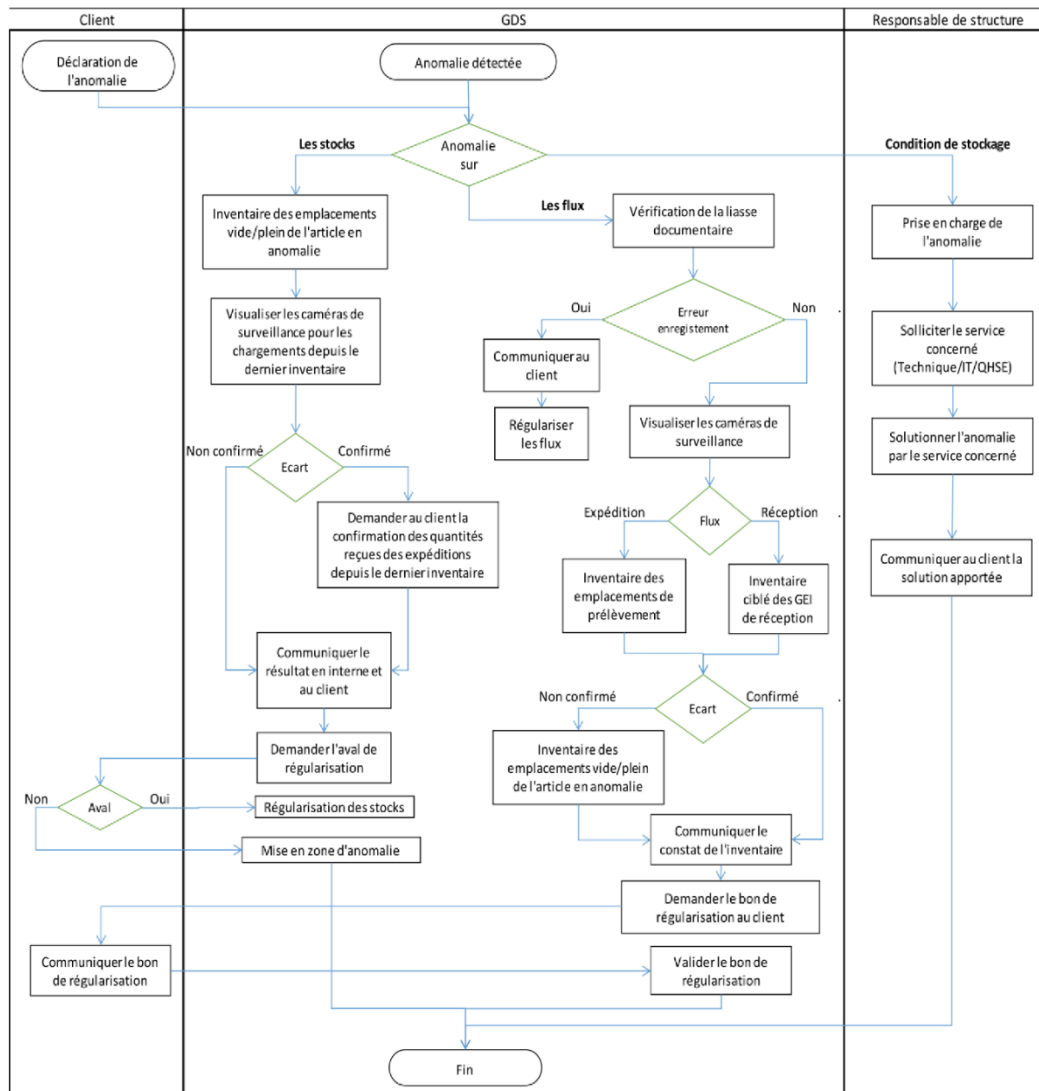
Les résultats de l'investigation sont communiqués au client et en interne. Le GDS sollicite l'autorisation du client pour procéder à la régularisation. Deux scénarios sont alors possibles :

- Si le client approuve : enregistrement d'un mouvement correctif dans Reflex-WMS
- Si le client refuse : placement de la quantité en instance dans une zone d'anomalie jusqu'à l'inventaire annuel

1.3.3 Traitement des Autres Types d'Anomalies

La procédure identifie deux catégories additionnelles d'anomalies traitées par le responsable de structure : les anomalies liées aux conditions de stockage, telles que les déficiences de nettoyage, les manquements aux normes 3D, les problèmes d'éclairage, les écarts de température et d'humidité, ainsi que la présence de corps étrangers ; et les anomalies informatiques, incluant les interfaces bloquées et les problèmes de connectivité.

Figure 11 Cartographie du processus de gestion des anomalies



Source : Document interne – Numilog SPA

Constat sur le terrain de la gestion des anomalies de stock

Les observations de la grille (voir Annexe E) du 20/03/2025 révèlent une gestion des anomalies de stock globalement structurée sur les sites logistiques de Numilog Spa (PLF et CLR), mais marquée par plusieurs limites opérationnelles. Le recours dominant aux processus manuels et aux échanges via Excel, e-mails ou téléphone complique les investigations et limite la traçabilité. Bien que des inventaires ciblés et des consultations de caméras soient effectués, les écarts sont souvent confirmés tardivement, en raison d'une validation client lente.

Points forts

1. **Approche formalisée des investigations** : La procédure adopte une méthodologie structurée combinant vérification documentaire, inventaires ciblés GEI (Groupes d'Éléments d'Information), et analyse via caméras de surveillance, assurant une investigation rigoureuse des anomalies.
2. **Coordination avec les clients** : La communication avec les clients pour obtenir des bons de régularisation ou confirmer les quantités reçues renforce la collaboration et la résolution concertée des écarts.
3. **Gestion des zones d'anomalie** : La mise en instance des quantités non régularisées dans des zones dédiées jusqu'à l'inventaire annuel permet une gestion temporaire efficace des litiges non résolus.
4. **Couverture des anomalies variées** : La prise en charge des anomalies liées aux conditions de stockage (température, humidité, corps étrangers) et aux systèmes IT (interface bloquée, absence de connexion) élargit le champ d'action de la procédure.

Faiblesses et zones à risque

1. **Délais dans la validation des régularisations** : La dépendance à l'aval client pour valider les bons de régularisation allonge les délais de traitement, créant des goulots d'étranglement, comme noté dans la synthèse avec un temps d'attente prolongé.
2. **Traçabilité limitée des investigations** : L'utilisation de supports manuels (Excel, e-mails, téléphone) pour extraire les données GEI, communiquer les résultats et régulariser les stocks compromet la traçabilité et la rapidité des investigations.
3. **Vulnérabilité aux litiges** : La dépendance forte aux supports manuels et à la validation client rend le processus sensible aux désaccords, pouvant mener à des litiges prolongés, comme souligné par la perte de traçabilité dans la synthèse.

1.4 Processus d'expédition des marchandises

La gestion des flux de sortie représente un maillon essentiel dans la chaîne logistique moderne. Cette analyse examine le processus d'expédition implémenté au sein des infrastructures logistiques de Numilog Spa, englobant tant les plateformes logistiques (PLF) que les centres logistiques régionaux (CLR). Ce processus vise fondamentalement à assurer la conformité et la traçabilité des produits expédiés aux clients. Le processus d'expédition se structure en plusieurs phases opérationnelles successives.

- **Phase Initiale : Traitement des Commandes**

Le processus débute par la réception d'un fichier de commandes transmis par le client via un système d'appel prédéfini, par messagerie électronique ou par interface entre le système de gestion client et Reflex-WMS. Parallèlement, le client transmet quotidiennement un plan des chargements sous forme de fichier Excel à l'agent administratif ou au chef d'équipe CLR, avec copie au responsable d'exploitation.

L'agent administratif ou le chef d'équipe CLR intègre ensuite le fichier des rapports de commandes dans le système, générant des missions de prélèvement par emplacement selon les principes FEFO (First Expired, First Out) ou FIFO (First In, First Out). Un contrôle des manquants est effectué, avec communication au client pour d'éventuelles modifications de commande.

- **Phase de Préparation**

Le chef d'équipe logistique lance les opérations de préparation et répartit les missions de prélèvement (DPP/DPS/PCC/RCC) entre les agents logistiques. Ces derniers réalisent les préparations physiques des livraisons, valident leurs actions via terminal embarqué et acheminent les marchandises vers les quais désignés.

Le chef d'équipe vérifie la finalisation de la préparation dans le système WMS. L'agent logistique procède ensuite au contrôle quantitatif et qualitatif de la livraison via terminal embarqué, fusionne les quantités pour obtenir une livraison complète et établit les listes de colisage. En cas de non-conformité, un protocole spécifique est appliqué.

- **Phase d'Accueil et Préparation du Chargement**

À l'arrivée du transporteur, l'agent de sécurité l'oriente vers l'agent administratif ou le chef d'équipe CLR. Ce dernier vérifie le rendez-vous sur le plan de chargement et renvoie le transporteur si nécessaire. En cas de conformité, l'agent administratif contacte le chef d'équipe logistique pour déterminer le quai de chargement approprié et oriente le transporteur en lui communiquant l'ordre de chargement.

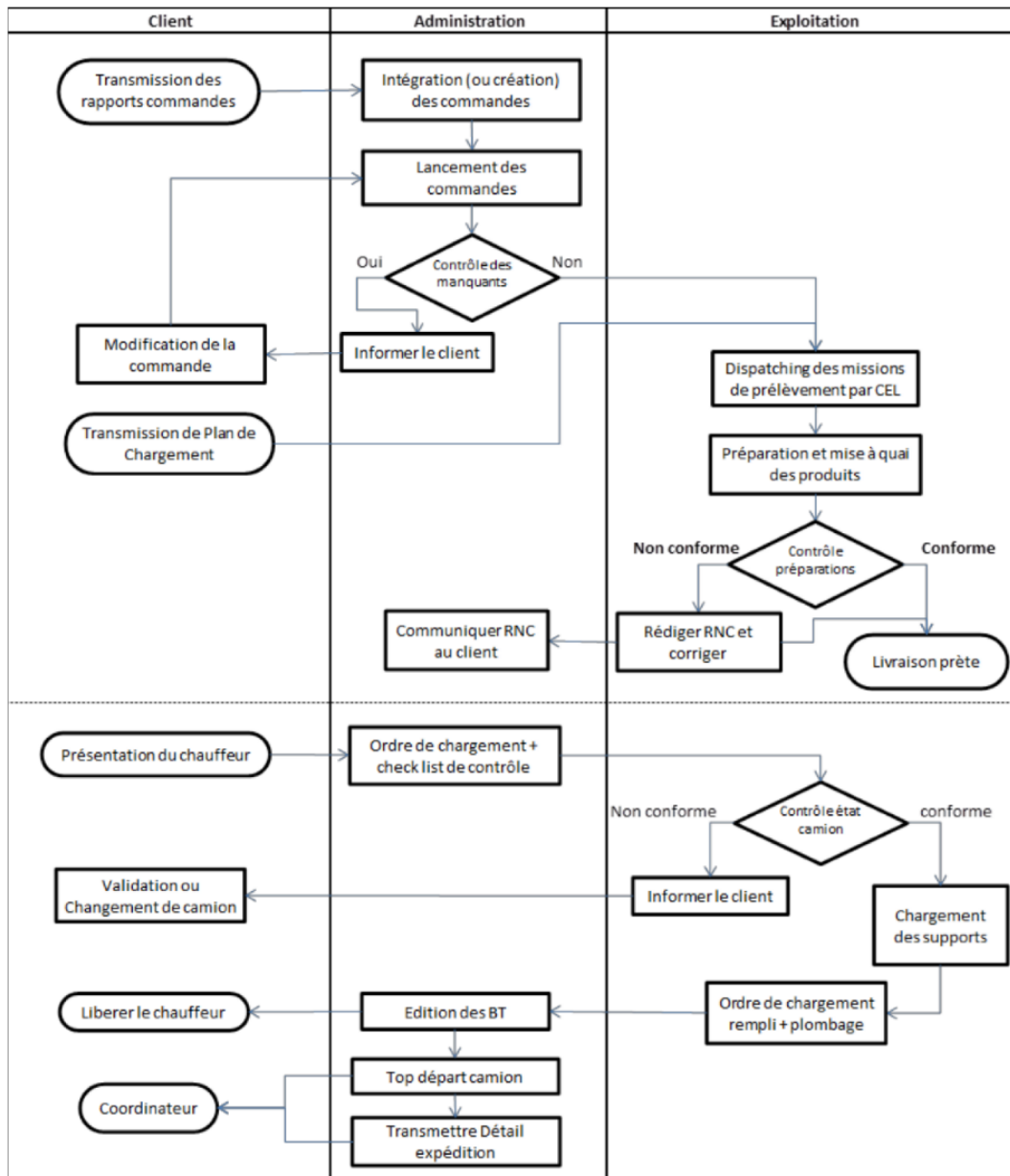
La liasse documentaire, comprenant l'ordre de chargement et la check-list de contrôle du camion, est transmise au chef d'équipe logistique.

- **Phase de Chargement et Finalisation**

L'agent logistique procède au chargement des marchandises, validant l'opération via terminal embarqué. À la fin du chargement, il remet l'ordre de chargement complété et signé au transporteur et procède au plombage du véhicule.

Le transporteur dépose ensuite les documents à l'agent administratif, qui édite et lui remet le bon de transfert. Le transporteur signe l'ensemble des documents, dont une copie est archivée. En conclusion du processus, l'agent administratif ou le chef d'équipe CLR envoie par courriel un rapport de départ des chargements et un suivi des expéditions journalières au client.

Figure 12 Cartographie du processus d'expédition des marchandises



Source : Document interne – Numilog SPA

Constat sur le terrain de l'expédition

Les observations issues de la grille d'évaluation (voir Annexe C) datée du 11/03/2025 indiquent une exécution globalement conforme de la procédure d'expédition au sein des sites logistiques Numilog Spa (PLF et CLR). Toutefois, des faiblesses spécifiques se manifestent, notamment des retards dans la réception des données clients affectant l'anticipation des opérations, ainsi qu'une dépendance aux interfaces e-mail et fichiers Excel pour les rapports de commandes et plans de

chargement. La vérification manuelle des RDV et des manquants accroît les risques d'erreurs, particulièrement en période de forte activité, tandis que l'absence de synchronisation en temps réel avec les systèmes clients constitue une limitation notable malgré l'intégration avec Reflex-WMS.

Points forts

1. **Traçabilité via Reflex-WMS** : L'utilisation des terminaux embarqués pour valider les étapes de préparation, chargement et clôture assure une traçabilité efficace des marchandises, facilitant la gestion des litiges et la satisfaction client.
2. **Gestion structurée des responsabilités** : La répartition claire des rôles entre l'agent administratif, le chef d'équipe logistique et les agents logistiques, ainsi que l'application des principes FIFO/FEFO, optimise la préparation et l'expédition des commandes.
3. **Sécurisation des expéditions** : La vérification des RDV, le plombage des camions et l'archivage des documents signés renforcent la sécurité et l'intégrité des flux sortants.

Faiblesses / Zones à risque

1. **Dépendance aux processus manuels** : La réception des rapports de commandes et des plans de chargement via e-mail ou fichiers Excel, ainsi que la vérification manuelle des RDV et des manquants, expose le processus à des erreurs humaines et des retards, notamment en cas de surcharge ou de données incomplètes.
2. **Retards dans l'anticipation** : L'absence de synchronisation en temps réel avec les systèmes clients entraîne des retards dans le traitement des commandes, comme observé avec les remarques sur l'anticipation client nécessaire, compromettant les délais d'expédition.
3. **Manque d'automatisation** : Bien que Reflex-WMS soit intégré, les étapes telles que la fusion des quantités, l'élaboration des listes de colisage et l'envoi des e-mails de top départ restent manuelles, limitant l'efficacité opérationnelle et augmentant le risque d'omissions.
4. **Vulnérabilité aux erreurs de communication** : La dépendance aux interfaces e-mail et FTP pour la transmission des données (ex. : top départ, suivi des expéditions) peut entraîner des pertes ou des retards, surtout si les systèmes clients ne sont pas alignés avec ceux de Numilog.

2 Fonctionnement du système d'information logistique

Le système d'information (SI) logistique de Numilog Spa soutient la gestion des flux physiques et informationnels sur les sites PLF et CLR à travers une architecture intégrée d'outils spécialisés. Cette partie analyse l'organisation actuelle du SI, ses contraintes techniques, et les opportunités de transformation digitale.

2.1.1 Cartographie du système d'information actuel

Le SI logistique de Numilog Spa repose sur une combinaison d'applications métier, de protocoles d'échange, d'outils d'intégration, et d'une infrastructure centralisée. Les composantes sont catégorisées ci-après pour refléter leur rôle dans l'exécution et le pilotage des processus logistiques (réception, expédition, stockage, gestion des anomalies).

2.1.2 Architecture logicielle

Les logiciels suivants constituent le cœur fonctionnel du SI logistique, couvrant la gestion des opérations et le reporting :

Reflex-WMS : Système de gestion d'entrepôt

Développé par Hardis Group, Reflex-WMS est un logiciel destiné à la gestion des entrepôts. Il couvre l'ensemble des activités telles que la réception des marchandises, leur stockage, la préparation des commandes, l'expédition et le suivi des stocks. Son objectif est d'optimiser l'utilisation des ressources (espaces, équipements, personnel), de limiter les déplacements inutiles et d'améliorer l'organisation interne. Il propose également des fonctions avancées de traçabilité et s'adapte à une gestion multi-sites (**Baron, 2012**).

SAP MM/SD

- **Le module SAP MM (Materials Management)** est l'un des modules essentiels du SAP ERP. Il est conçu pour gérer les achats, les approvisionnements et les stocks. Il couvre toutes les étapes du processus d'approvisionnement, depuis la demande d'achat jusqu'à la réception des marchandises, tout en assurant une visibilité en temps réel sur les niveaux de stock. Ce module permet de simplifier les tâches logistiques, d'optimiser les coûts et de garantir la traçabilité des flux de matières.
- **Le module SAP SD (Sales and Distribution)** prend en charge le traitement des opérations commerciales, notamment la gestion des commandes clients, les livraisons et la facturation.

Il regroupe les informations relatives aux clients, aux prix, aux conditions de vente et à l'expédition, tout en maintenant la cohérence entre les processus logistiques et comptables. La combinaison des modules MM et SD permet une gestion intégrée des flux logistiques et commerciaux, facilitant la coordination entre la gestion des stocks, la distribution des produits et le suivi de la facturation.

TMS (Transport Management System)

Un *TMS* est un logiciel dédié à la gestion opérationnelle du transport de marchandises. Il permet de planifier les tournées, suivre les expéditions en temps réel, générer les documents de transport (tels que les bons de transfert), et optimiser les flux physiques. Ce système contribue à améliorer la performance logistique tout en assurant la conformité réglementaire et une traçabilité complète des opérations.

ManageEngine ITSM

ManageEngine ITSM est une plateforme de gestion des services informatiques (IT Service Management) dédiée au traitement des incidents, des tickets de support et des demandes d'évolution. Elle joue un rôle clé dans la continuité opérationnelle des systèmes logistiques en assurant un suivi structuré des interventions techniques.

- **Power BI**

Power BI est un outil de business intelligence développé par Microsoft, utilisé pour la consolidation, l'analyse et la visualisation des indicateurs de performance logistique (KPI). Il facilite la prise de décision grâce à des tableaux de bord interactifs et permet la diffusion des rapports à travers des plateformes collaboratives telles que Microsoft Teams.

L'architecture logicielle se limite aux composantes du SI directement impliquées dans les processus logistiques. D'autres applications (gestion des ressources humaines, maintenance, juridique) existent à l'échelle de l'entreprise mais ne sont pas couvertes ici.

2.1.3 Protocoles d'échange de données

Les échanges de données reposent sur une architecture *file-based*, avec des transferts de fichiers (commandes, états de stock, confirmations de livraison) sécurisés via les protocoles FTP/FTPs. Ces échanges, majoritairement asynchrones, s'opèrent entre le WMS de Numilog et les ERP des clients, ainsi qu'en interne entre le WMS et SAP. La synchronisation en temps réel reste limitée.

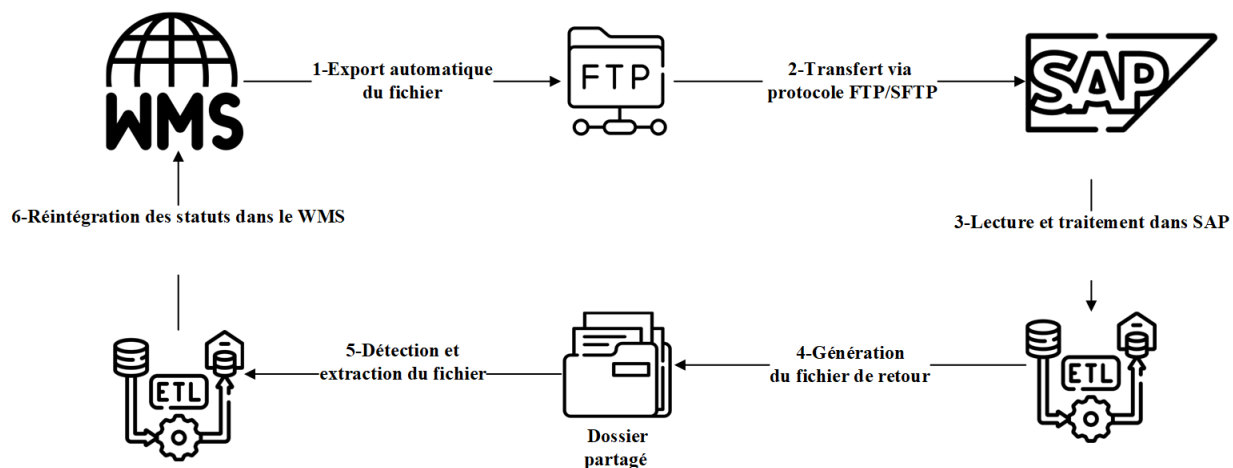
3.2.1.3 Outils d'automatisation et d'intégration

L'intégration des flux de données chez Numilog SPA repose sur des outils facilitant l'automatisation, bien que celle-ci reste partielle.

Apache NiFi est utilisé pour traiter les fichiers clients (commandes, états de stock, confirmations de réception) avant qu'ils ne soient injectés dans le SI de l'entreprise.

NiFi agit comme un intermédiaire intelligent entre le WMS (Reflex), le système SAP et les systèmes externes (notamment les ERP clients). Il permet d'assurer la compatibilité des formats, de contrôler les flux, et d'enchaîner les étapes de traitement sans intervention manuelle systématique. Toutefois, cette automatisation reste partielle : certaines tâches nécessitent encore une supervision humaine ou des validations manuelles, ce qui limite la fluidité et la réactivité des échanges.

Figure 13 Interfaçage des systèmes WMS et ERP SAP via FTP et ETL



Source : Réalisé par nos soins à l'aide de Microsoft Visio.

Ce schéma illustre le fonctionnement de l'interfaçage entre le système de gestion d'entrepôt (WMS) et l'ERP SAP, basé sur un échange de fichiers via le protocole FTP et un traitement automatisé à l'aide d'un outil ETL.

Le processus débute par l'export automatique d'un fichier depuis le WMS (étape 1), transmis au serveur FTP (étape 2), puis intégré dans SAP après lecture (étape 3). Une fois le traitement effectué dans SAP, un fichier de retour (ACK) est généré (étape 4), déposé dans un dossier partagé, puis détecté et extrait par l'ETL (étape 5). Enfin, les données sont réinjectées dans le WMS pour mise à jour des statuts logistiques (étape 6).

Ce mécanisme garantit un échange de données structuré, sécurisé et automatisé entre les deux systèmes sans couplage direct, facilitant l'interopérabilité et la traçabilité des flux.

3.2.1.4 Infrastructure technique

L'architecture matérielle et réseau constitue le socle de fonctionnement des applications métiers et des flux de données logistiques.

Modèle client-serveur : Le SI repose sur un serveur central interne, qui héberge les principales applications (Reflex-WMS, SAP, TMS) ainsi que les bases de données associées. Ce modèle garantit un contrôle centralisé, une sécurité renforcée et des performances adaptées aux besoins opérationnels.

Centralisation des données : Les informations logistiques sont consolidées sur ce serveur, ce qui facilite la gestion, le suivi et la cohérence des données. Toutefois, cette centralisation soulève des enjeux en matière de résilience du système, de capacité de montée en charge et de continuité d'activité en cas d'incident technique.

3 Analyse thématique des entretiens

Cette section présente une analyse thématique des entretiens, structurée en trois axes principaux : Axe 1 : État de la supply chain et perception de la digitalisation, Axe 2 : Blockchain : perceptions, applications et défis, Axe 3 : Adoption de la blockchain : freins, leviers et stratégie. L'objectif est d'identifier les perceptions, les défis et les opportunités d'innovation au sein de Numilog, en s'appuyant sur la matrice conceptuelle réalisée avec NVivo.

Axe 1 : État de la supply chain et perception de la digitalisation

L'évaluation de l'état actuel de la supply chain chez Numilog met en lumière un système performant, soutenu par des forces opérationnelles et technologiques. Les répondants soulignent une traçabilité efficace grâce au WMS, un atout clé pour la gestion des flux, ainsi qu'une continuité de service 24/7. « *On a un service qui tourne 24/7* » (Analyste des systèmes distribués). La capacité à dépasser les objectifs fixés est également mise en avant. « *On atteint souvent des niveaux de productivité supérieurs aux objectifs fixés* » (Responsable d'exploitation logistique).

Cependant, plusieurs faiblesses structurelles apparaissent. Premièrement, le manque de coordination entre services et l'utilisation d'outils dépassés réduisent l'efficacité : « *Le fait qu'on s'appuie encore sur les e-mails, c'est un point faible* » (Analyste des systèmes distribués). Ce problème est encore aggravé par certains clients qui ne sont pas digitalisés, comme le note le responsable administratif : « *Les clients qui envoient des commandes par mail avec des fichiers Excel [...] nous freinent* ». Deuxièmement, des limites physiques affectent également la supply chain, particulièrement au niveau du stockage : « *On manque parfois de capacités de stockage* » (Responsable d'exploitation logistique).

Les défis logistiques majeurs incluent l'absence de résilience formalisée face aux imprévus. L'absence de documentation pour le mode dégradé est un point critique. « *Le mode dégradé n'est pas documenté* » (Analyste des systèmes distribués), et le responsable administratif ajoute : « *On tolère certains écarts, mais dans des limites raisonnables* », illustrant la flexibilité informelle mais non structurée. Malgré ces contraintes, l'objectif de satisfaction client reste central. « *Le vrai défi, c'est de satisfaire le client quoi qu'il arrive* » (Responsable d'exploitation logistique).

La digitalisation est perçue comme un levier stratégique essentiel, bien que son adoption soit inégale. La migration vers le cloud est une avancée notable. « *On a dépassé la phase d'étude pour la migration vers le cloud* » (Analyste des systèmes distribués), mais des préoccupations de cybersécurité freinent son expansion. « *On reste prudents sur l'externalisation* » (Responsable d'exploitation logistique). Une digitalisation plus poussée est vue comme un moyen d'améliorer l'anticipation. « *Si on allait plus loin, on pourrait mieux anticiper les problèmes* » (Ingénieur chargé d'études logistiques), bien que des résistances culturelles persistent. « *Le papier avec cachet reste fondamental dans certaines situations* » (Responsable administratif).

Axe 2 : Blockchain : perceptions, applications et défis

La compréhension de la blockchain varie parmi les répondants, révélant un besoin de sensibilisation. L'analyste des systèmes distribués la définit comme une technologie sécurisée. « Pour moi, la blockchain, c'est lié au bitcoin. C'est une base de données partagée avec un cryptage des échanges, tandis que d'autres y voient un outil de transparence et de traçabilité »

Les apports potentiels de la blockchain sont reconnus, notamment en matière de traçabilité et de réduction des litiges. « *Ça limiterait les litiges, surtout avec des clients qui demandent des preuves précises* » (Responsable d'exploitation logistique). Des applications concrètes sont envisagées, comme la facturation automatisée. « *Elle serait utile pour la facturation, avec des smart contracts* » (Analyste des systèmes distribués). Cependant, son adoption est questionnée face à des systèmes existants performants. « *Si on a déjà un système performant comme SAP avec WMS, il faut que la blockchain résolve un vrai problème* » (Responsable administratif).

Les limites incluent des coûts d'infrastructure élevés. « Héberger une solution blockchain coûterait très cher » (Analyste des systèmes distribués), un déficit de compétences internes. « *On n'a pas d'experts blockchain dans l'équipe* » (Ingénieur chargé d'études logistiques), et une absence de cadre légal en Algérie. « *Sans cadre légal clair, on prend un risque* » (Responsable administratif).

Axe 3 : Adoption de la blockchain : freins, leviers et stratégie

Les freins à l'adoption de la blockchain sont multiples. Le coût et la complexité d'intégration sont des obstacles majeurs. « *Le déploiement demande un investissement important* » (Responsable administratif), tout comme la maturité technologique inégale des partenaires. « *Si le client n'est pas aligné, ça peut bloquer* » (Responsable d'exploitation logistique). L'absence de cadre réglementaire en Algérie est un frein structurel. « *On n'est pas très au clair sur ce qui est permis ou non* » (Ingénieur chargé d'études logistiques), renforcé par un manque de compétences internes. « *Il peut aussi y avoir de la résistance au changement* » (Analyste des systèmes distribués).

Les leviers d'adoption incluent une formation ciblée. « *Il faut des équipes impliquées et bien accompagnées* » (Analyste des systèmes distribués) et un cadre légal clair. « *Si une loi venait encadrer son usage, ce serait un vrai levier* » (Responsable d'exploitation logistique). Une approche progressive est recommandée. « *Il faut y aller étape par étape* » (Responsable administratif), avec un soutien fort de la direction. « *Direction doit assumer ce choix pleinement, avec des moyens* » (Ingénieur chargé d'études logistiques). La culture d'innovation, bien que prudente, est perçue comme un atout. « *L'entreprise est ouverte aux nouvelles solutions, du moment que ça apporte une vraie valeur ajoutée* » (Chargée de reporting).

Les recommandations privilégient une approche stratégique : sensibilisation initiale. « *Il faut commencer par bien sensibiliser* » (Chargée de reporting), identification de cas d'usage précis. « *Identifier un cas d'usage avec un vrai bénéfice attendu* » (Ingénieur chargé d'études logistiques), et intégration progressive. « *Avancer de manière progressive, en gardant une cohérence avec nos priorités actuelles* » (Responsable administratif).

Ce tableau présente une synthèse croisée des contributions des interviewés, organisées selon les trois axes principaux issus des entretiens qualitatifs.

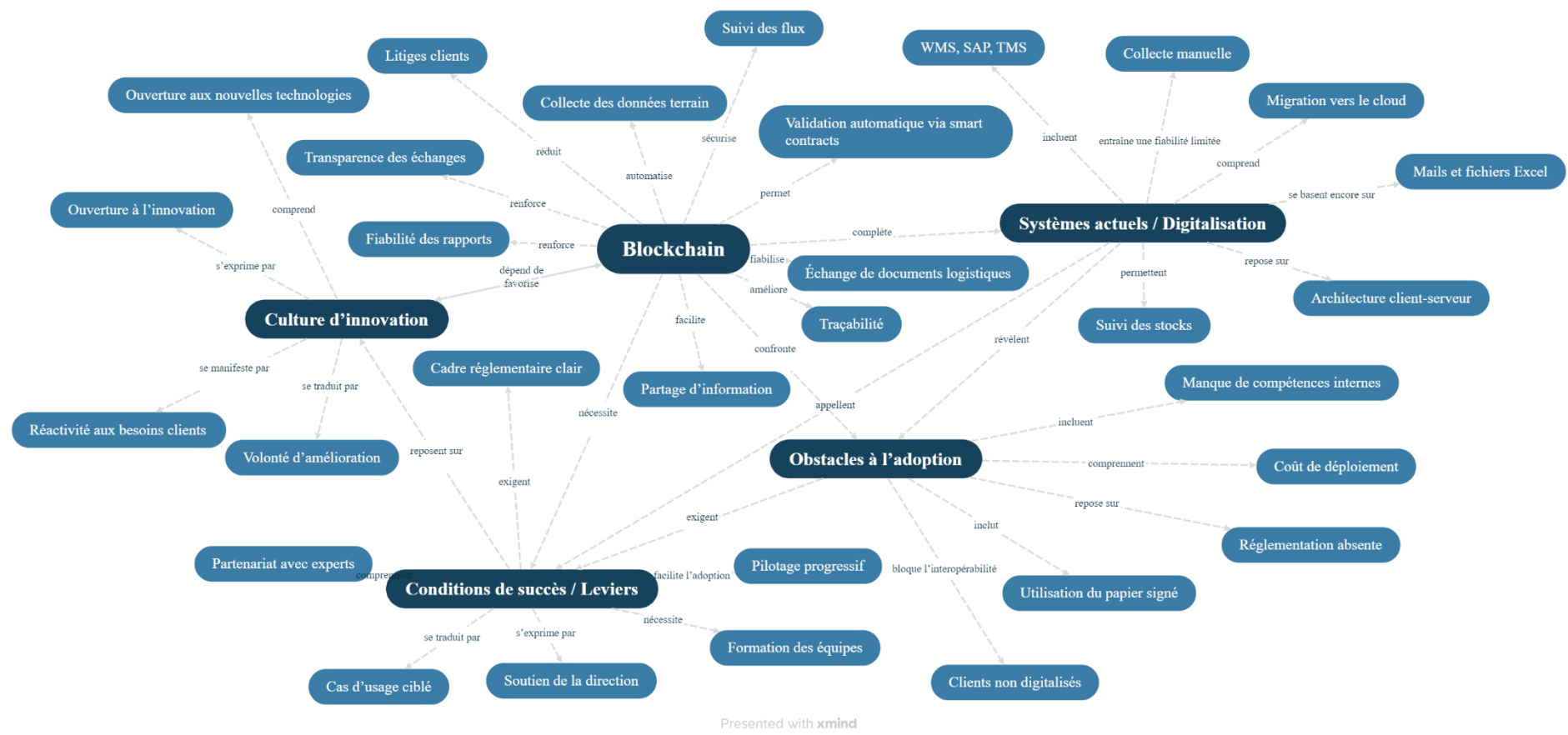
Tableau 9 Tableau de synthèse croisée

Interviewé	Axe 1 : État de la supply chain et perception de la digitalisation	Axe 2 : Blockchain : perceptions, applications et défis	Axe 3 : Adoption de la blockchain : freins, leviers et stratégie
Analyste des systèmes distribués	« <i>Système performant, mais mode dégradé non formalisé</i> »	« <i>Outil de traçabilité, utile pour facturation</i> »	« <i>Frein : manque de compétences ; Levier : formation ; Stratégie : adoption progressive avec test préalable</i> »
Responsable d'exploitation logistique	« <i>Leader avec WMS, mais stockage limité</i> »	« <i>Renforce confiance, mais intégration complexe</i> »	« <i>Frein : maturité clients ; Levier : cadre légal clair ; Stratégie : alignement avec la stratégie globale</i> »
Responsable administratif	« <i>Traçabilité solide, freiné par Excel</i> »	« <i>Transparence utile, si valeur ajoutée</i> »	« <i>Frein : coût ; Levier : pilote sur processus simples ; Stratégie : intégration progressive</i> »
Chargée de reporting	« <i>Bon suivi, mais collecte lente</i> »	« <i>Réduit erreurs, utile pour KPIs</i> »	« <i>Frein : complexité ; Levier : sensibilisation ; Stratégie : communication interne ciblée</i> »
Ingénieur chargé d'étude logistique	« <i>Structurée, mais peu interconnectée</i> »	« <i>Traçabilité fiable, évite litiges</i> »	« <i>Frein : réglementation ; Levier : cas d'usage précis ; Stratégie : définition d'objectifs stratégiques</i> »

Source : réalisé par nos soins

L'analyse révèle une supply chain performante mais perfectible chez Numilog, où la digitalisation est un levier stratégique entravé par des contraintes techniques et culturelles. La blockchain, bien que prometteuse pour la traçabilité et la transparence, fait face à des obstacles majeurs, notamment économiques, techniques et réglementaires. Les recommandations, centrées sur une adoption progressive et sensibilisatrice, soulignent la nécessité d'aligner les innovations technologiques sur les réalités opérationnelles et contextuelles de l'entreprise.

Figure 15 Cartographie Cognitive des Axes - Supply Chain, Blockchain et Adoption



Section 02 : Discussion des résultats et recommandations

Afin de garantir une analyse rigoureuse et contextuelle, une triangulation a été effectuée entre les données issues de l'observation terrain, l'analyse documentaire et les entretiens semi-directifs menés auprès des acteurs clés. L'analyse croisée de ces résultats, confrontés aux apports théoriques tirés de la revue de littérature permet de dégager trois grands enseignements structurants pour évaluer la pertinence d'un déploiement de la blockchain dans la chaîne logistique de l'entreprise :

1. Les apports potentiels au regard des faiblesses opérationnelles identifiées,
2. Les conditions et freins d'adoption observés,
3. La nécessaire cohérence entre ambition stratégique et faisabilité technique.

1 Blockchain comme solution aux défaillances de traçabilité, désynchronisation et anomalies de gestion

Les processus logistiques de Numilog, bien que structurés, montrent une forte dépendance aux traitements manuels reliés aux fichiers Excel, aux vérifications documentaires ou à des échanges asynchrones par e-mail, ce qui alourdit la réactivité et fragilise la traçabilité en cas d'anomalies ou de litiges. Ce constat rejoint les observations de (Lesueur-Cazé, Bironneau, Lux, & Morvan, 2022) et de (Chinthamu, et al., 2025), qui identifient la blockchain comme un outil structurant pour automatiser, sécuriser et synchroniser les flux logistiques.

Plus spécifiquement, la littérature met en avant la capacité de la blockchain à renforcer la traçabilité des flux physiques (flux produits, stocks), à fiabiliser les prestations (flux de services) et à automatiser certaines interactions via des smart contracts (flux informationnels et financiers) (Lesueur-Cazé, Bironneau, Lux, & Morvan, 2022). Ces apports apparaissent pertinents au regard des difficultés identifiées à Numilog dans la gestion des réceptions imprévues, des anomalies de stock et du manque de synchronisation temps réel avec les systèmes des clients.

Ainsi, dans un contexte où les anomalies sont traitées de manière différée, les inventaires sont souvent réactifs, et les validations client allongent les délais, l'introduction d'une solution blockchain pourrait contribuer à fluidifier la résolution des litiges, fiabiliser les écritures logistiques et renforcer la résilience globale de la chaîne logistique (Deloitte, 2023), (Laforet, 2022).

2 Facteurs limitant l'adoption de la blockchain

Les entretiens qualitatifs révèlent une perception prudente, voire sceptique, de la part des collaborateurs de Numilog vis-à-vis de la blockchain, perçue comme coûteuse, complexe à intégrer et juridiquement incertaine dans le contexte algérien. Ces réticences renvoient directement aux freins identifiés dans la littérature, qu'il s'agisse des obstacles techniques comme l'intégration aux ERP existants ou les limites de scalabilité (Feki & Dudézert, 2023) des contraintes économiques liées aux coûts d'infrastructure (Wilson, Johnson, & Brown, 2024), ou encore des freins humains et organisationnels tels que le manque de compétences internes et la résistance au changement (Rivera, Gauthier-Umaña, & Chauhan, 2024). L'absence de cadre légal clair, régulièrement mentionnée tant par les répondants que par les travaux scientifiques, constitue également un facteur bloquant majeur.

L'hétérogénéité des niveaux de maturité numérique entre Numilog et certains de ses clients constitue également un frein, comme le mettent en évidence (Ghode, Yadav, Jain, & Soni, 2022), qui soulignent que l'adoption des technologies décentralisées repose sur une cohérence inter-organisationnelle entre partenaires. L'absence de vision partagée et l'alignement insuffisant des systèmes entre les acteurs impliqués peuvent ainsi nuire à l'efficacité de toute transformation technologique.

3 Conditions nécessaires à l'adoption blockchain

L'ensemble des entretiens converge vers la nécessité d'une stratégie d'adoption progressive, par paliers, à travers l'expérimentation sur un processus à forte valeur ajoutée (facturation, gestion des litiges). Ce positionnement rejoint les recommandations de (Laforet, 2022), qui souligne l'importance d'un alignement stratégique, d'un cadrage clair des cas d'usage, et d'une gouvernance collaborative. Les témoignages des collaborateurs de Numilog sur le besoin de formation, de sensibilisation et d'un portage clair par la direction renforcent cette idée : le succès d'un tel projet dépend autant de facteurs organisationnels que technologiques.

La littérature indique aussi que la blockchain ne constitue un véritable levier de transformation que si elle s'inscrit dans une vision systémique, redéfinissant processus, outils et acteurs (Laforet, 2022). (Oriekhoe, et al., 2024) mettent également en avant la nécessité d'une approche globale intégrant les dimensions technologiques, organisationnelles et stratégiques.

4 Recommandations et Propositions pour l'Intégration Progressive de la Blockchain dans la Chaîne Logistique de Numilog SPA

À la lumière des observations opérationnelles et des retours d'expérience recueillis auprès des collaborateurs de Numilog SPA, il apparaît pertinent de formuler un ensemble de recommandations stratégiques visant à faciliter une adoption progressive, maîtrisée et efficiente de la technologie blockchain au sein de la chaîne logistique de l'entreprise.

- **Mise en œuvre de projets pilotes ciblés**

Il est préconisé d'initier l'intégration de la blockchain par le biais de projets pilotes, limités à des processus logistiques spécifiques et clairement définis, tels que la traçabilité des flux entrants ou la gestion des anomalies de stock. Cette approche expérimentale permettrait d'évaluer de manière concrète la valeur ajoutée des smart contracts, tout en minimisant les risques de perturbation du système d'information global. Les enseignements tirés de ces expérimentations pourraient ensuite orienter les choix technologiques et organisationnels pour une généralisation progressive.

- **Renforcement des compétences internes**

L'adoption réussie de la blockchain repose fondamentalement sur le développement des compétences internes. Il est donc recommandé d'investir dans la formation continue des équipes, en particulier dans les domaines de la blockchain, de l'intégration des systèmes d'information (SI) et de la gouvernance des données. Cette montée en compétences des profils tant IT qu'opérationnels constitue un levier stratégique pour réduire la dépendance vis-à-vis des prestataires externes, tout en favorisant l'appropriation des nouveaux outils par les collaborateurs.

- **Clarification de la stratégie numérique de l'entreprise**

L'intégration de la blockchain doit s'inscrire dans une démarche globale de transformation digitale. À cet égard, il est essentiel de formaliser une feuille de route stratégique, articulée autour des priorités métiers de l'entreprise et intégrant une gestion proactive du changement. Cette clarification stratégique permettra d'assurer la cohérence des initiatives numériques et de mobiliser l'ensemble des parties prenantes autour d'objectifs partagés.

- **Promotion de l'interopérabilité des systèmes**

L'un des défis majeurs de l'intégration de la blockchain réside dans sa compatibilité avec les systèmes existants, tels que les WMS (Warehouse Management System), les ERP clients et la plateforme NiFi. Il convient donc d'engager des efforts techniques soutenus pour garantir l'interopérabilité,

- **Renforcement de la gouvernance et de la collaboration interservices**

La réussite d'un projet d'intégration de la blockchain requiert la mise en place d'une gouvernance transversale et collaborative. Il est ainsi recommandé de créer une cellule de coordination regroupant les départements IT, logistique, reporting et direction générale. Cette structure aura pour mission de piloter le projet, d'assurer l'adhésion des équipes, et de structurer la conduite du changement, condition sine qua non d'une transformation numérique réussie.

En synthèse, l'adoption de la blockchain dans la chaîne logistique de Numilog SPA doit être envisagée comme un processus évolutif, reposant sur l'expérimentation, le développement des compétences, la clarification stratégique, l'interopérabilité technique et une gouvernance renforcée. Ces recommandations constituent autant de leviers pour maximiser les bénéfices de cette innovation tout en maîtrisant les risques associés à sa mise en œuvre.

5 Proposition d'intégration des smart contracts pour l'optimisation de la gestion des anomalies de stock.

Pour remédier aux limites actuelles de traçabilité et de réactivité, l'intégration des smart contracts dans la gestion des anomalies de stock s'impose comme une solution stratégique et innovante.

Justification du choix du processus critique : Gestion des anomalies de stock

La gestion des anomalies de stock constitue un maillon essentiel de la chaîne logistique, conditionnant à la fois la fiabilité des inventaires, la satisfaction client et la performance opérationnelle. L'examen des procédures internes et des observations terrain fait ressortir plusieurs limites structurelles :

- **Détection tardive et traitement manuel des anomalies :** Les écarts de stock, erreurs d'emplacement et non-conformités liées aux dates limites de consommation (DLC) sont fréquemment identifiés de façon différée, lors des inventaires ou en fin de shift, ce qui retarde leur résolution et accroît le risque de rupture ou de livraison non conforme.
- **Centralisation et lenteur de la communication :** La gestion des Rapports de Non-Conformité (RNC) est centralisée par l'agent administratif ou le chef d'équipe, générant des goulots d'étranglement et ralentissant la prise de décision.

- **Utilisation de supports inadaptés** : Le suivi des anomalies repose sur des fichiers Excel ou des rapports papier, sources d'erreurs de saisie, de désynchronisation et de difficultés de traçabilité.
- **Manque d'automatisation** : L'absence d'automatisation dans la détection, la notification et la résolution des anomalies limite la réactivité organisationnelle et la fiabilité des informations de stock.

Ces constats justifient la priorisation de ce processus dans une démarche d'optimisation par la technologie blockchain.

Proposition d'intégration des smart contracts

L'intégration des smart contracts vise à automatiser l'ensemble du cycle de gestion des anomalies de stock, depuis la détection jusqu'à la résolution, en passant par la notification et le suivi. Les objectifs principaux sont :

- Réduire les délais de traitement des anomalies,
- Améliorer la traçabilité et la transparence des opérations,
- Sécuriser et fiabiliser les données de stock.

Fonctionnement détaillé du processus optimisé

- **Détection et notification automatisées**

Lorsqu'une anomalie est détectée (écart de quantité, erreur d'emplacement, DLC proche), que ce soit par un inventariste ou automatiquement par le système WMS, l'information est immédiatement transmise à un smart contract. Ce dernier enregistre l'anomalie sur la blockchain, garantissant l'immutabilité de la donnée, et notifie instantanément toutes les parties concernées (gestionnaire des stocks, chef d'équipe, client).

- **Workflow automatisé de résolution**

Le smart contract orchestre un workflow prédéfini : il valide l'anomalie, attribue automatiquement les tâches correctives, assure le suivi des actions entreprises et exige la justification des corrections apportées. Chaque étape du processus est horodatée, tracée et accessible en temps réel à l'ensemble des parties prenantes, ce qui facilite le pilotage et l'audit.

- **Mise à jour et reporting en temps réel**

Une fois l'anomalie résolue, le smart contract met à jour automatiquement les états de stock dans le WMS et génère un rapport de fiabilité accessible à toutes les parties. Les historiques d'anomalies et de corrections sont consultables de façon transparente et sécurisée.

Tableau 10 Comparaison du processus de gestion des anomalies avant et après l'intégration des smart contracts

Étapes du processus	AS IS (Actuel)	TO BE (Avec smart contracts)
Détection de l'anomalie	Détection manuelle lors d'inventaire ou en fin de shift	Détection automatisée, notification instantanée via WMS/smart contract
Enregistrement de l'anomalie	Saisie manuelle dans un fichier Excel ou un rapport papier	Enregistrement automatique et immuable sur la blockchain
Notification des acteurs	Transmission différée par l'agent administratif ou chef d'équipe	Notification automatique et simultanée à tous les acteurs via smart contract
Attribution des actions	Attribution manuelle, communication par email ou oral	Attribution automatique via workflow du smart contract
Suivi de la résolution	Suivi manuel, risque d'oubli ou de retard	Suivi en temps réel, étapes horodatées et tracées
Mise à jour des stocks	Correction manuelle dans le WMS, risque de désynchronisation	Mise à jour automatique et sécurisée dans le WMS via smart contract
Reporting	Compilation manuelle, envoi en fin de shift	Reporting automatisé, accessible en temps réel
Traçabilité	Historique dispersé, peu fiable	Traçabilité complète, immuable, accessible à tous

Source : réalisé par nos soins

Bénéfices attendus

L'intégration des smart contracts dans la gestion des anomalies de stock devrait générer des bénéfices significatifs :

- Réduction des délais de détection et de traitement des anomalies,
- Fiabilité accrue des données de stock et des historiques,
- Transparence et traçabilité renforcées pour toutes les parties prenantes,
- Diminution des erreurs humaines et des tâches administratives répétitives,
- Amélioration de la satisfaction client grâce à une gestion proactive des écarts.

En conclusion, la transformation du processus de gestion des anomalies de stock par l'intégration des smart contracts répond aux exigences de réactivité, de fiabilité et de transparence, tout en préparant l'entreprise aux défis futurs de la logistique 4.0.

CONCLUSION

Synthèse des résultats

L'analyse menée auprès des collaborateurs de Numilog SPA et des processus logistiques observés a permis de mettre en lumière plusieurs constats clés. D'une part, l'entreprise dispose d'une infrastructure logistique globalement structurée, mais encore fortement dépendante de traitements manuels et de canaux d'échange asynchrones, ce qui fragilise la traçabilité, ralentit le traitement des anomalies et limite l'agilité opérationnelle. D'autre part, la technologie blockchain se présente comme un levier pertinent pour automatiser les flux, sécuriser les échanges inter-organisationnels et fiabiliser les écritures logistiques. Toutefois, plusieurs freins à son adoption ont été identifiés, notamment des contraintes techniques, économiques, organisationnelles et réglementaires, auxquelles s'ajoute une certaine immaturité numérique chez certains partenaires.

Trois enseignements clés se dégagent :

- La blockchain pourrait répondre à plusieurs faiblesses opérationnelles actuelles, en particulier dans la gestion des litiges et la synchronisation des flux.
- Son déploiement nécessite une approche progressive, portée par un alignement stratégique clair et un accompagnement du changement.
- L'absence de cadre juridique local et la fragmentation des systèmes entre partenaires constituent des obstacles majeurs à anticiper.

Apports du mémoire

Ce travail contribue à enrichir la littérature académique sur l'adoption de la blockchain dans les chaînes logistiques, en fournissant une analyse contextualisée au sein d'un acteur algérien du transport et de la logistique. Il permet d'explorer, à travers une approche qualitative, les perceptions internes, les limites techniques et les conditions de faisabilité d'un projet blockchain dans un environnement encore peu documenté.

Pour les praticiens, cette recherche apporte une grille de lecture opérationnelle pour évaluer la pertinence d'une telle technologie, en articulant constats de terrain, apports théoriques et leviers d'action concrets. Elle met en évidence la nécessité d'adapter les ambitions numériques aux réalités locales, tant techniques qu'organisationnelles.

Recommandations

À l'issue de cette étude, plusieurs actions prioritaires peuvent être recommandées à Numilog :

- **Court terme** : Lancer un projet pilote sur un processus ciblé (gestion des litiges ou facturation), renforcer la sensibilisation interne à la blockchain et structurer un plan de formation.
- **Moyen terme** : Formaliser une feuille de route d'adoption progressive, intégrant les partenaires stratégiques dans la réflexion.
- **Pré-requis clés** : Assurer l'interopérabilité avec le système d'information existant (WMS, SAP), surveiller l'évolution du cadre réglementaire national, et établir un comité projet avec une gouvernance claire.

Ces recommandations doivent être mises en œuvre selon leur faisabilité et leur impact potentiel, en privilégiant d'abord les chantiers à faible risque et à forte valeur ajoutée.

Conclusion générale et ouverture

Cette recherche, bien qu'utile pour appréhender les enjeux d'intégration de la blockchain dans un contexte logistique spécifique, présente certaines limites. L'étude repose sur un nombre restreint d'entretiens, ce qui limite la généralisation des résultats, et le cadre juridique en constante évolution peut modifier rapidement les conditions d'adoption.

Pour prolonger ce travail, il serait pertinent d'approfondir l'analyse auprès d'autres acteurs de la supply chain en Algérie, de comparer plusieurs types de blockchains (publique, privée, consortium) ou encore de mener des expérimentations concrètes à l'échelle pilote.

En définitive, la blockchain ne constitue pas une solution miracle, mais elle peut devenir un levier stratégique puissant si elle est pensée comme un outil d'alignement, de confiance et de transformation progressive au service des performances logistiques.

BIBLIOGRAPHIE

- Aktouf, O. (1987). *Méthodologie des sciences sociales et approche qualitative des organisations*. (P. d. Québec, Ed.) Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/242456854>
- Anadón, M. &. (2007). La recherche qualitative est-elle nécessairement inductive ? *Recherches Qualitatives – Hors Série*.
- Ansell, J. (2021). *Comprendre la blockchain : Guide du débutant sur la technologie qui change le monde*. autoédité.
- Avenier, M.-J., & Gavard-Perret, M.-L. (2012). Inscrire son projet de recherche dans un cadre épistémologique. In *Méthodologie de la recherche*. Vuibert.
- Bandara, R., Silva, J., & Fernando, T. (2024). Blockchain and advanced analytics in supply chain transparency. *Journal of Digital Supply Networks*.
- Banque de France. (2022). *Comprendre la technologie de la blockchain*. Retrieved from ABC de l'économie: <https://www.banque-france.fr/fr/publications-et-statistiques/publications/la-blockchain>
- Banque Delubac & Cie. (n.d.). *Quelle est la différence entre blockchain et bases de données centralisées ?* Retrieved from Banque Delubac & Cie: <https://www.delubac.com/faq/crypto/definitions-et-fonctionnement/difference-blockchain-bases-de-donnees-centralisees/>
- Baribeau, C., & Royer, C. (2012). L'entretien individuel en recherche qualitative : usages et modes de présentation. *Revue des sciences de l'éducation*. Retrieved from <https://www.erudit.org/fr/revues/rse/2012-v38-n1-rse0675/1016748ar/>
- Baron, M. (2012). *Pratique du supply chain management*. (Dunod, Ed.)
- Beddiar, K., & Imbault, F. (2018). *Blockchain pour l'énergie : Applications et mise en œuvre dans la ville du futur*. Dunod.
- Belin-Munier, C. (2014). *Logistique, chaîne logistique et SCM dans les revues francophones de gestion : quelle dimension stratégique ?* Université de Bourgogne.
- Chekrouni, M., Abdellaoui, M., Elkolli, A., & Benabbou, L. (2022). Blockchain et Supply Chain Management : état de l'art et perspectives. *ITM Web of Conferences*, 45. doi:<https://doi.org/10.1051/itmconf/20224501002>

- Chinthamu, N., Swathi, A., Banka, V. R., Jagadheeswaran, S., Yoganandh, S., & Jebaseeli, K. (2025). Blockchain-Based Supply Chain Management Ensuring Transparency and Traceability in Logistics Operations. (I. W. Conferences, Ed.) doi: <https://doi.org/10.1051/itmconf/20257602003>
- Christopher, M. (2016). *Logistics and Supply Chain Management*. Financial Times/Prentice Hall.
- Cryptomus. (2024). *Qu'est-ce qu'un bloc dans la cryptomonnaie ?* Retrieved from Cryptomus: <https://cryptomus.com/fr/blog/what-is-a-block-in-blockchain>
- Deloitte. (2023). *Using blockchain to drive supply chain transparency: Use cases and future outlook on blockchain in supply chain management*. New York: Deloitte Development LLC. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/articles/blockchain-supply-chain-innovation.html>
- DHL Customer Solutions & Innovation ; Accenture. (2018). *Blockchain in Logistics: Perspectives on the upcoming impact of blockchain technology and use cases for the logistics industry*. DHL Customer Solutions & Innovation & Accenture. Retrieved from <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-blockchain-trend-report.pdf>
- Dilitrust. (n.d.). *What is blockchain?* Retrieved from Dilitrust: <https://www.dilitrust.com/what-is-blockchain/>
- Doriol, D., & Sauvage, T. (2018). *Management des achats et de la supply chain*. (Vuibert, Ed.)
- Feki, M., & Dudézert, A. (2023). Étude exploratoire de l'usage effectif de la blockchain dans la chaîne logistique d'un grand distributeur français. *Logistique & Management*. doi:10.1080/12507970.2023.2224812
- Gathering Tools. (2019). *Supply Chain Management : des pistes concrètes pour aller plus loin*. (C. S. Tools, Ed.) Retrieved from <https://www.gathering-tools.com/wp-content/uploads/2023/07/Livre-Blanc-Supply-Chain-Management-des-pistes-concretes-pour-aller-plus-loin.pdf>
- Ghag, K., Patel, A., & Kumar, N. (2025). Smart Supply Chains: Integrating IoT, AI, and Sustainability. *International Journal of Supply Chain Innovation*.

- Ghode, D., Yadav, V., Jain, R., & Soni, G. (2022). Exploring the integration of blockchain technology into supply chain: challenges and performance. (E. Publishing, Ed.) *Business Process Management Journal*. doi:<https://doi.org/10.1108/BPMJ-09-2022-0421>
- Görlach, A. M. (2020). BlockU: Extended usage control in and for Blockchain. *Expert Systems*.
- Iqbal, M., & Matulevičius, R. (2021). Exploring Sybil and Double-spending Risks in Blockchain Systems. *IEEE Access*. doi:10.1109/ACCESS.2021.3081998
- Iredale, G. (2020). *History of Blockchain Timeline*. Retrieved from 101 Blockchains: <https://101blockchains.com/history-of-blockchain-timeline/>
- KPMG. (2024). *Supply Chain Trends 2024: From Smart Automation to Human-Centric Resilience*.
- Kshetri, N. (2021). *Blockchain and Supply Chain Management*. Elsevier. doi:10.1016/C2020-0-02868-9
- Laforet, L. (2022). *Supply Chain et Blockchain : Facteurs d'adoption d'une technologie innovante et alignement stratégique – études de cas*. Thèse de doctorat, Université de Pau et des Pays de l'Adour. Retrieved from <https://theses.hal.science/tel-04324885>
- Le Moigne, R. (2017). *Supply chain management : Achat, production, logistique, transport, vente*. Dunod.
- Leloup, L. (2017). *Blockchain : La révolution de la confiance*. (Eyrolles, Ed.)
- Lesueur-Cazé, L., Bironneau, L., Lux, A., & Morvan, F. (2022). Réflexions sur les usages de la blockchain pour la logistique et le Supply Chain Management : une approche prospective. In I. Éditions (Ed.), *Logistique et Supply Chain durables*.
- Martineau, S. (2005). L'observation en situation : enjeux, possibilités et limites. *Recherches qualitatives*. doi: http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/hors_serie/hors_serie_v2/SMartineau%20HS2-issn.pdf
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22(2). doi:<https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x>
- Najati, H. (2025). Why Blockchain Projects Fail in Logistics: Lessons from Practice. *Frontiers in Blockchain*. doi:10.3389/fbloc.2022.1503595

- Nazarian, A., & Khan, M. (2024). Human-machine collaboration in the era of Supply Chain 5.0. *Journal of Advanced Logistics Management*.
- Noor, A. (2022). Adoption of Blockchain Technology Facilitates a Competitive Edge for Logistic Service Providers. (MDPI, Ed.) *Sustainability*. doi:<https://doi.org/10.3390/su142315543>
- Oldache, M., & Houatis, D. (2018). Importance de l'épistémologie et de l'histoire des sciences dans l'enseignement. *Revue Didactiques*, 59–87. Retrieved from <https://www.asjp.cerist.dz/en/PresentationRevue/300>
- Oracle. (2024). *Blockchain pour la supply chain : utilisations et avantages*. Retrieved from Oracle : <https://www.oracle.com/africa-fr/blockchain/what-is-blockchain/blockchain-for-supply-chain/>
- Oriekhoe, O. I., Omotoye, G. B., Oyeyemi, O. P., Tula, S. T., Daraojimba, A. I., & Adefemi, A. (2024). BLOCKCHAIN IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: A SYSTEMATIC REVIEW: EVALUATING THE IMPLEMENTATION, CHALLENGES, AND FUTURE PROSPECTS OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN SUPPLY CHAINS. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(1), 128-151. doi:10.51594/estj.v5i1.732
- Quiniou, M., & Debonneuil, C. (2019). *Glossaire blockchain*. Retrieved from Chaire UNESCO ITEN, Les Éditions de l'Immatériel: https://en.unesco.org/sites/default/files/blockchain_glossairefrn.pdf
- Rivera, L., Gauthier-Umaña, V., & Chauhan, C. (2024). Blockchain: An opportunity to improve supply chains in the wake of digitalization. (Elsevier, Ed.) *International Journal of Information Management Data Insights*, 4. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2024.100290>
- Sekar, A., Tech, D., Brooks, P., & Noteboom, C. (2024). Factors influencing blockchain implementation in supply chain management: An exploratory pilot study. (IACIS, Ed.) *Issues in Information Systems*, 25(2). doi:https://doi.org/10.48009/2_iis_2024_110
- Soler, L. (2019). *Introduction à l'épistémologie*. Armand Colin.
- Soulier, J.-M. (2021). *La révolution Supply Chain*. Maxima.
- Vyas, N., Beije, A., & Krishnamachari, B. (2022). *Blockchain and the Supply Chain: Concepts, Strategies and Practical Applications*. Kogan Page.

- Wallonie-Bruxelles, F. (2022). *Introduction au Blockchain du concept aux applications*. (F. Wallonie-Bruxelles, Ed.) Retrieved from smartbe.be: <https://smartbe.be/wp-content/uploads/2023/05/12-22.pdf>
- Wilson, G., Johnson, O., & Brown, W. (2024). Exploring the Adoption of Blockchain Technology in Supply Chain Management.
doi:<https://doi.org/10.20944/preprints202407.2419.v1>
- World Trade Organization. (2019). *Global value chain development report 2019: Technological innovation, supply chain trade, and workers in a globalized world*. Geneva: World Trade Organization. Retrieved from
<https://www.worldbank.org/en/topic/trade/publication/global-value-chain-development-report-2019>
- Yentcharé, D. P.-y. (n.d.). *Les attributs du contrat intelligent (Rapport 4)*. Retrieved from
[https://www.chainedeblocs.chaire.ulaval.ca/sites/chainedeblocs.chaire.ulaval.ca/files/uploads/Rapport%204%20Les%20attributs%20du%20contrat%20intelligent%20\(4.1\).pdf](https://www.chainedeblocs.chaire.ulaval.ca/sites/chainedeblocs.chaire.ulaval.ca/files/uploads/Rapport%204%20Les%20attributs%20du%20contrat%20intelligent%20(4.1).pdf)

ANNEXES

**ANNEXE A - GUIDE D'ENTRETIEN
SEMI-DIRECTIF**

Guide d'entretien semi-directif

Thème : L'apport de la blockchain dans la transformation du Supply Chain Management – Cas de Numilog SPA

Introduction de l'entretien

Bonjour, je me présente, Kamilia DJILLALI, étudiante en Master 2 Management Stratégique et Systèmes d'Information. Dans le cadre de mon projet de fin d'études, je réalise une étude sur l'intégration potentielle de la technologie blockchain dans la gestion de la chaîne logistique de Numilog SPA.

L'objectif de cet entretien est de recueillir votre perception sur l'intérêt de la blockchain pour Numilog, ainsi que les conditions organisationnelles, technologiques et stratégiques nécessaires pour son adoption.

Je tiens à préciser que cet entretien est strictement confidentiel : vos réponses seront utilisées uniquement dans le cadre de mon mémoire et ne seront pas nominatives.

Avec votre accord, je souhaiterais enregistrer cet échange afin de pouvoir le retranscrire fidèlement (transcription verbatim) et ne pas risquer d'altérer vos propos. Est-ce que cela vous convient ?

Axe 1 : Contexte logistique et digitalisation

Q1 : Pouvez-vous décrire votre rôle et vos responsabilités chez Numilog ?

Q2 : Quelle est votre évaluation actuelle de la supply chain (forces et faiblesses) ?

Q3 : Quels sont les défis logistiques majeurs rencontrés par Numilog ?

Q4 : Quelle place donnez-vous à la digitalisation dans l'amélioration de la logistique actuelle ?

Axe 2 : Blockchain : perceptions, applications et défis

Q5 : Avez-vous déjà entendu parler de la blockchain ? Que représente-t-elle pour vous ?

Q6 : En quoi la blockchain pourrait-elle améliorer la chaîne logistique selon vous ?

Q7 : Sur quels processus la blockchain serait-elle prioritairement applicable à Numilog ?

Q8 : Voyez-vous des limites ou des risques dans l'application de la blockchain dans ce contexte ?

Axe 3 : Adoption de la blockchain : freins, leviers et stratégie

Q9 : Quels obstacles principaux pourraient freiner l'adoption de la blockchain chez Numilog ?

Q10 : Quels leviers ou conditions favoriseraient son adoption réussie ?

Q11 : Comment percevez-vous la culture d'innovation et la capacité d'adaptation de Numilog ?

Q12 : Quelles recommandations donneriez-vous pour intégrer la blockchain efficacement ?

ANNEXE B - GRILLE D'OBSERVATION DU PROCESSUS DE RECEPTION

Processus Réception 05/03/2025		Synthèses
Catégorie	Observations	Écarts/Remarques
Arrivée camion	Contrôle documentaire effectué avec rigueur. Une erreur de destination observée (1 cas).	Erreur destination reçue (1 cas)
Contrôle documents	Orientation quai respectée. Délai d'attente parfois présent.	Attente quai
Orientation quai	Création de la réception dans WMS immédiatement après validation BT.	-
Création réception WMS	Vérification du plomb systématique.	-
Contrôle plomb	Mise à quai conforme, respect des consignes sécurité.	-
Mise à quai	État camion contrôlé, check-list remplie.	
Contrôle camion	Déchargement réalisé par les AL. Délai observé lors de pic de travail.	-
Déchargement	Contrôle quantitatif et qualitatif rigoureux. Anomalies consignées dans RNC.	-
Tri/contrôle	Saisie via PDA correcte.	
Saisie WMS	Remise de la liasse signée après saisie.	
Remise documents	Mise en stock immédiate après contrôle. Erreurs d'emplacement rares.	Erreurs d'emplacement rares.
Mise en stock	Envoi du compte rendu journalier observé en fin de journée.	-
Compte rendu	Flux BT transmis	
SI (flux)	Transmission automatique des données du BT via un processus ETL.	-

La procédure de réception est exécutée de manière conforme sur le terrain. Les agents respectent chaque étape, de la présentation des documents jusqu'à la mise en stock. Les anomalies sont rares et traitées immédiatement. Quelques retards ou erreurs ponctuelles ont été observés mais bien gérés. Le processus est globalement fluide, avec un bon niveau de maîtrise opérationnelle.

**ANNEXE C - GRILLE D'OBSERVATION DU PROCESSUS
D'EXPEDITION**

Processus Expédition	11/03/2025		Synthèses
Catégorie	Observations	Écarts/Remarques	La procédure de réception est exécutée de manière conforme sur le terrain. Les agents respectent chaque étape, de la présentation des documents jusqu'à la mise en stock. Les anomalies sont rares et traitées immédiatement. Quelques retards ou erreurs ponctuelles ont été observés mais bien gérés. Le processus est globalement fluide, avec un bon niveau de maîtrise opérationnelle.
Rapports commandes	Fichier client reçu par email ou interface, traitement effectué à l'arrivée.	-	
Plan chargement	Réception plan chargement selon planning, parfois non respecté.	Remarque : 1 RDV non respecté	
Traitement commandes	Déclenchement via fichier Excel formaté ou interface client. Anticipation quand fichier en retard.	Écart : Retard réception fichier client, anticipation nécessaire.	
Contrôle manquants	Contrôle des manquants fait avec rigueur et communication systématique.	-	
Lancement préparation	Affectation automatique via WMS, logique FEFO respectée.	-	
Préparation physique	Préparation sur terminal embarqué, validation effective.	-	
Clôture préparation	Clôture validée par le CEL après vérification WMS.	-	
Contrôle préparation	Contrôle quantitatif et qualitatif effectué avec correction si besoin.	-	
Arrivée chauffeur	Arrivée des chauffeurs enregistrée, vérification RDV	-	
Mise à quai	Quai attribué avec consignes sécurité et documents remis.	-	
Chargement physique	Chargement effectué avec contrôle du support et plombage.	-	
Bon de transfert	BT édité et signé, traçabilité assurée.	-	
Top départ	Top départ validé par mail après confirmation du chargement.	-	
SI (flux)	Flux entre client et WMS opérationnels via FTP	-	

**ANNEXE D - GRILLE D'OBSERVATION DU PROCESSUS
DE GESTION DE STOCK**

Processus gestion de stock 19/03/2025			Synthèses
Catégorie	Observations	Écarts/Remarques	La gestion des stocks repose sur un équilibre entre système automatisé (WMS) et vérifications manuelles (Excel, terrain).
Briefing	Checklist correctement remplie, anomalies identifiées (casse, DLC).	-	
Tournée stocks	Transmission au CEL immédiate après tournée.	Remarque : 1 RDV non respecté	
Transmission NC	Comparaison WMS/client bien effectuée.	Écart : Retard réception fichier client, anticipation nécessaire.	Le suivi est rigoureux, mais certaines situations comme les palettes non validées ou les emplacements incertains demandent des recherches longues. Ces lenteurs, notamment lors des pics d'activité, limitent la réactivité. Des pistes d'amélioration existent, notamment via l'automatisation et l'optimisation des flux d'information.
Rapprochement flux	Extraction faite via WMS, copié sur Excel pour vérification.	-	
Extraction mouvements	Contrôle physique sur terrain après extraction. Emplacement concerné par anomalie de palette non validée.	-	
Inventaire emplacements	Inventaire ciblé mené avec l'inventoriste. Résultat non concluant.	-	
Relevés inventaire	Tri effectué, zones respectées.	-	
Traitement avaries	Suivi rempli et transmis en fin de journée.	-	
Suivi fiabilité	Vérification DLC bien faite.	-	
Inventaire DLC	Rapprochement effectué mais nécessitant double vérification Excel/WMS.	-	
Rapprochement stock	Flux issus de WMS exportés puis exploités sur Excel.	-	
SI (flux)	Utilisation intensive d'Excel pour régularisation.	-	

**ANNEXE E - GRILLE D'OBSERVATION DU PROCESSUS
DE TRAITEMENT DES ANOMALIES**

ANNEXE F - MATRICES À CONDENSÉS

Axe	Analyste des systèmes distribués	Responsable d'exploitation logistique	Responsable administratif	Chargée de reporting	Ingénieur chargé d'étude logistique
Axe 1 : Contexte logistique et digitalisation	En tant qu'analyste des SI, je travaille sur l'axe logistique principalement. Notre service est un service de support. On est un processus de support pour la logistique, que ce soit du point de vue de la maintenance ou de l'amélioration continue. Quand il y a un problème lié au SI au niveau national, on intervient pour débloquer la situation. Si un nouveau besoin apparaît, on intervient aussi : Soit c'est une fonctionnalité qui existe déjà dans le système mais qui n'est pas optimisée. Soit c'est une tâche très manuelle qui prend du temps et de l'énergie, donc on cherche à automatiser. Soit c'est une fonctionnalité totalement absente, et là, on la conçoit. Pour les	Mon rôle principal, c'est de garantir le bon déroulement de notre prestation, que ce soit pour des clients internes ou externes, tout en respectant l'équation qualité, coût et délai. Quand un client nous envoie une commande, on doit automatiquement honorer la bonne quantité, la bonne qualité, et livrer dans les délais. On a bien sûr des équipes sur le terrain qui gèrent ces opérations : les chefs d'équipe avec les OPL (opérateurs logistiques). Ils assurent la gestion des flux clients, avec les ressources humaines et matérielles nécessaires. C'est à moi de m'assurer que ces ressources sont disponibles pour répondre aux exigences du client.	Je suis Responsable Administratif, rattaché au service comptabilité et finance. Mon rôle couvre la supervision de la facturation, du reporting, et de toute la partie conformité documentaire, surtout pour les litiges. Mon objectif, c'est de garantir des flux financiers fluides, des documents fiables et conformes, et un suivi clair pour les clients et la direction. Avant ça, j'ai été responsable de l'exploitation logistique, puis en charge du reporting et de la facturation. J'ai également participé à plusieurs projets SI comme le déploiement des modules SAP MM et SD, et l'intégration du WMS avec nos PDA. Notre supply chain est	Je suis chargée de reporting. Mon rôle consiste à consolider et analyser les données issues des différents services pour produire les tableaux de bord hebdomadaires et mensuels. Je suis en lien avec tous les services pour collecter les indicateurs clés de performance : chiffre d'affaires, flux de stockage et de manutention, charges, avaries, casse matériel, etc. Je m'assure que les marges (stockage, manutention, globale) sont bien suivies et conformes aux objectifs définis. On a des procédures bien établies et un bon suivi des flux. Mais la collecte des données reste un vrai défi : je galère souvent à	Je suis chargé d'étude logistique chez Numilog depuis presque 2 ans. Mon rôle, c'est principalement d'analyser comment les flux logistiques fonctionnent et de chercher des pistes pour les améliorer. Dans l'ensemble, je trouve que notre supply chain tient bien la route. Elle est structurée, on a des équipes expérimentées. Il reste des choses à revoir, notamment sur la coordination entre les services et sur certains outils qui ne sont pas encore bien intégrés. Le plus gros défi selon moi, c'est la gestion des imprévus : un retard de fournisseur, un camion bloqué, un bug dans le système... et tout de suite ça crée des blocages. On manque parfois de

interfaces avec les clients, soit elles sont déjà paramétrées à 100 %, soit on ne l'est pas encore. Dans ce cas, on cherche une solution semi-automatisée : l'agent administratif prend une partie, et le reste est géré par le système. On essaie d'automatiser au moins 60 % du process. Quand il n'y a ni interface ni moulinette, on aide avec des requêtes SQL pour faciliter la création manuelle. Ma vision est toujours orientée systèmes. Je me concentre sur l'impact du système sur la chaîne logistique. Chez Numilog, la chaîne est très longue, que ce soit en nombre de palettes, de transactions, ou de flux. On a un service qui tourne 24/7. Le système est performant, les temps de panne sont réduits, peu de	Numilog est leader en Algérie. En termes de performance, on a mis en place les ressources nécessaires pour répondre aux besoins clients, et on a même réussi à les optimiser. On atteint souvent des niveaux de productivité supérieurs aux objectifs fixés. Mais il y a encore des points à améliorer. On manque parfois de capacités de stockage. Nos clients évoluent, ils grandissent, et on doit les suivre. Il arrive que les volumes commandés dépassent ce qui est prévu dans le contrat, et on doit trouver des solutions, même si ça veut dire aller à l'extérieur. Pourtant, on a plus de 62 793 emplacements dans notre PLF à Bouira. Le client, on ne peut pas lui dire "on est limités". Non, on ne l'est pas. Le	solide, avec une bonne traçabilité grâce à WMS et une équipe qui sait s'adapter à des clients très différents. On arrive à livrer dans les délais, et ça, c'est une force. Les clients qui envoient des commandes par mail avec des fichiers Excel, ou pire, ceux qui ne sont pas digitalisés du tout, nous freinent. Ça crée des erreurs et des retards, un manque à gagner évident. J'ai vu comment la Chine gère ça, avec une organisation au millimètre, on est loin de ce niveau de précision. Les vrais défis, ce sont les retards de règlement, la coordination entre les flux physiques et les flux d'information, et la gestion des anomalies en temps réel. On tolère certains écarts, mais dans des limites raisonnables. Il faut aussi sans cesse	obtenir des informations à temps à cause d'une communication lente entre les services. Il y a un manque de coordination dans la transmission des données terrain, surtout en fin de mois. Les principaux défis sont liés à la remontée fiable et rapide des données, au suivi des écarts entre ce qui est prévu et ce qui est réalisé, et à la gestion des anomalies (matériel défectueux, erreurs de saisie). Il faut aussi souvent intervenir sur le terrain pour comprendre certaines anomalies techniques. Elle a une place clé. On ne peut pas évoluer sans digitaliser. Ça permet de gagner du temps, d'éviter les erreurs, et de fluidifier les échanges entre services. Plus les données sont automatisées, plus le reporting est fiable.	réactivité parce que tous nos systèmes ne sont pas interconnectés. Aujourd'hui, on n'a pas vraiment le choix : digitaliser, c'est indispensable pour rester compétitif. Pour moi, c'est un vrai levier stratégique pour Numilog. On a déjà entamé des choses, mais il faut être honnête, notre transformation digitale est encore incomplète et pas assez connectée entre les systèmes. Si on allait plus loin, on pourrait mieux anticiper les problèmes, aller plus vite dans nos opérations, et être plus réactifs face aux imprévus. C'est aussi devenu essentiel pour répondre aux exigences des clients, qui attendent plus de transparence et de visibilité sur les flux.
--	--	--	--	---

blocages. Les équipes métier sont compétentes, elles arrivent parfois à se débloquer toutes seules. L'équipe DSI doit parfois intervenir en dehors des horaires de travail à cause de blocages. C'est un avantage (continuité de service), mais aussi un inconvénient (charge). En théorie, un tel système devrait avoir un vrai mode dégradé. On a un petit mode dégradé, mais ce n'est pas notre priorité actuelle. Mais il y a toujours le risque lié à la connexion Internet, les coupures d'électricité, etc. Quand la panne est trop forte, il faut passer en mode dégradé. Normalement, on devrait avoir une procédure rédigée, claire, partagée pour éviter un blocage total. Le principal défi, c'est le mode dégradé. Il existe	vrai défi, c'est de satisfaire le client quoi qu'il arrive. On est même prêts à externaliser s'il le faut. Dernièrement, on a eu une prestation annexe pour l'étiquetage "halal" d'environ 6 millions d'unités. C'était une obligation réglementaire. Gérer les flux quotidiens en parallèle de cette prestation, c'était un vrai challenge. On a dû faire appel à un prestataire externe pour assurer le coup. Et ça s'est bien passé, c'était fluide. La digitalisation, je dirais qu'elle reste encore un peu limitée dans certains aspects, mais elle joue un rôle clé là où on l'a mise en place. Par exemple, notre WMS nous aide déjà à gérer les flux dans les entrepôts, à optimiser les emplacements et à suivre les stocks en temps réel, ce qui améliore notre	s'ajuster aux besoins clients, parfois imprévisibles. La digitalisation a clairement amélioré notre manière de travailler, notamment en termes de traçabilité et de réactivité, comme on l'a constaté chez Numilog. Mais, comme je l'ai dit, vous, la Gen Z, pensez parfois à tout automatiser, oubliant l'humain. Le papier avec cachet reste fondamental dans certaines situations, surtout pour des raisons juridiques : un document signé vaut souvent plus que n'importe quel système face à un litige. On ne digitalise pas pour suivre une mode, mais pour répondre à des besoins concrets, en tenant compte du niveau de maturité digitale des clients.
--	---	--

mais il n'est pas réactivité face aux documenté. À demandes clients. Pour l'exploitation, les gens tout ce qui touche à la savent contourner les sécurité de l'information, problèmes, mais ce n'est on est bien équipés. pas formalisé. Dans une L'équipe IT travaille grande entreprise comme sérieusement sur ça, ils Numilog, avec autant de sont très rigoureux. Mais flux, on doit avoir des je ne pense pas qu'on soit procédures écrites et prêts à externaliser ou à maîtrisées. L'idéal, c'est ouvrir nos systèmes sur le web. La cybersécurité est transferts intersites, reste une priorité, donc on récupération des reste prudents. informations, etc. Le fait qu'on s'appuie encore sur les e-mails, c'est un point faible. Les mails peuvent être ignorés ou ratés. Il faut améliorer ça. En 2025, on sait tous que le suivi via dashboard est meilleur que via Excel. Moins on utilise les mails et Excel, plus on est efficace. Le suivi est un axe à optimiser.

On a dépassé la phase d'étude pour la migration

vers le cloud. Ce sera un upgrade : même prestataire, nouvelle version. Actuellement, on est en architecture client-serveur, hébergée localement. On utilise cette solution depuis 2012. Mais depuis, de nouveaux besoins et de nouveaux clients sont apparus. On va donc adapter notre SI actuel. Démarrer une nouvelle solution permet d'améliorer dès le départ. La version web qu'on va déployer va corriger les lacunes du système actuel. Le nouveau WMS ne les aura pas.

Axe 2 : Blockchain : perceptions, applications et défis	Oui, pour moi, la blockchain, c'est lié au bitcoin. C'est une base de données partagée entre plusieurs points, avec un cryptage des échanges. Ce serait une évolution de ce qu'on a, pour améliorer la traçabilité et le partage d'information. On applique déjà certains principes de la blockchain via le WMS : Toute modification ou transaction est enregistrée dans le stock ; On sait qui a validé, la qualité, l'emplacement, la préparation, la destination, etc. Exemple : si un client signale un défaut sur un lot, on peut retirer tout le lot rapidement grâce à cette traçabilité. Le client peut consulter le système en temps réel, mais sans pouvoir modifier. La plupart des processus	Oui, j'ai déjà fait des recherches dessus. C'est une technologie qui apporte beaucoup : tout devient automatique, sécurisé, et bien structuré. La blockchain, d'après ce que j'en comprends, pourrait vraiment nous aider à renforcer la confiance avec nos clients. Par exemple, en rendant les informations sur les flux plus claires et accessibles, on pourrait éviter les malentendus sur les délais ou l'état des marchandises. Si tout est enregistré de façon sécurisée et automatique, ça limiterait les litiges, surtout avec des clients qui demandent des preuves précises sur l'origine ou le trajet des produits. Cela dit, il faudrait que ça reste simple à mettre en place,	Oui, je connais. Je sais qu'elle est utilisée dans plusieurs secteurs comme le pharmaceutique. Je la vois comme une technologie de traçabilité renforcée et de sécurisation des échanges. Elle pourrait apporter une plus grande transparence, surtout entre les partenaires. Mais dans notre contexte, il faut d'abord voir quelle vraie valeur elle ajoute. Si on a déjà un système performant (comme SAP avec WMS), il faut que la blockchain résolve un vrai problème pour qu'on investisse. Peut-être sur la traçabilité des documents de transport, les interfaces de facturation. Des points où les échanges multi-acteurs sont critiques et où chaque erreur coûte cher.	Oui, j'en ai entendu parler. Pour moi, c'est une technologie qui permet de tracer les échanges de manière fiable. C'est aussi un outil de transparence : une fois que les données sont enregistrées, elles ne bougent plus. Elle pourrait clairement réduire les erreurs humaines. Je dirais : l'échange d'informations avec les clients, la validation des attachements en fin de mois, et le suivi des KPIs. Ce sont des process où il y a souvent des décalages ou des vérifications manuelles, donc un système comme la blockchain peut vraiment apporter un plus. Oui, forcément. C'est une technologie assez complexe, et on n'a pas	Je ne suis pas un expert, mais j'ai une connaissance de base du concept. Je vois la blockchain comme un système partagé où les données sont sécurisées et inaltérables une fois enregistrées. Elle pourrait beaucoup nous aider sur la traçabilité. Si chaque étape est enregistrée dans la blockchain, on aurait un historique plus fiable. Ça peut aussi simplifier certains échanges, par exemple pour valider une réception ou déclencher un paiement automatiquement. Et puis, ça évite les litiges parce que tout est enregistré de manière transparente. Je dirais sur la traçabilité des expéditions, la gestion des anomalies de stock, et le partage de documents logistiques avec les
--	---	---	---	---	---

sont déjà optimisés. Je pense qu'elle serait utile pour la facturation, avec des smart contracts. On favorise déjà la traçabilité et la sécurité. La culture est là. Pour mesurer l'impact réel, il faut l'appliquer à un service qui manque vraiment de traçabilité. Déployer une nouvelle technologie nécessite une étude de l'existant. Plus l'écart est grand entre ce qu'on a et ce qu'on veut, plus l'effort est important. Notre infrastructure actuelle est obsolète. Héberger une solution blockchain coûterait très cher côté infrastructure. En plus, l'équipe actuelle n'a pas le background nécessaire, donc il faudrait recruter et renforcer. C'est coûteux et long.	parce qu'on a déjà des processus bien rodés, et on ne peut pas se permettre de compliquer les opérations. Franchement, je suis encore en train de découvrir la blockchain, mais en me basant sur ce que j'ai compris grâce à vos explications et mes recherches, je dirais qu'elle pourrait être utile pour des processus où la traçabilité est critique. Après, je ne suis pas sûr que ça s'intègre facilement à nos opérations actuelles, vu qu'on a déjà un bon système de suivi en interne. Il faudrait voir comment ça se connecte avec ce qu'on fait déjà. La sécurité de l'information, c'est un point critique. Intégrer une telle technologie soulève beaucoup de questions de sécurité.	forcément les clients. C'est là où on a le plus besoin de sécurité, de fiabilité et d'un suivi clair. Il y a la question du coût et du temps que demande l'intégration. Et comme en Algérie la réglementation n'est pas encore claire, on reste dans une zone floue, surtout concernant l'usage des smart contracts ou la reconnaissance officielle des données enregistrées.
---	---	---

Axe 3 : Conditions d'adoption et recommandations	Il y a toujours le défi de l'utilisateur final. Il faut former, renforcer l'effectif si besoin. Parfois, malgré une bonne préparation, il y a des lacunes au lancement. Ça demande beaucoup de management. Il peut aussi y avoir de la résistance au changement. Pour moi, ce qui peut vraiment faciliter l'adoption, c'est d'avoir des équipes impliquées et bien accompagnées. Il ne suffit pas d'installer une solution; il faut que les utilisateurs comprennent ce qu'elle apporte et comment elle s'intègre dans leur quotidien. Plus on les implique dès le départ, plus ils adhèrent. Et bien sûr, il faut que la mise en place soit progressive, avec des phases de test et des ajustements. Ce type de	Si le client n'est pas aligné avec nous sur le projet, ça peut bloquer. Est-ce que tous nos clients sont prêts pour ça? On travaille avec certains via des interfaces ERP/WMS, mais d'autres nous envoient encore des fichiers Excel par mail, voire sur papier. Il y a un décalage entre les niveaux de maturité technologique des clients. La traçabilité, on la maîtrise déjà en interne, presque à un niveau d'excellence. Les clients nous testent parfois là-dessus, et en cinq minutes on leur sort une requête complète. Mais ce qui faciliterait vraiment l'adoption de la blockchain, c'est une réglementation claire. Aujourd'hui, en Algérie, cette technologie n'est pas encore encadrée	Le principal frein, c'est le coût et le temps nécessaires pour adapter notre SI, alors qu'il fonctionne déjà bien. Le déploiement demande un investissement important, qu'il faut justifier par un réel retour sur valeur. Certains restent attachés aux méthodes traditionnelles, comme le papier, pour des raisons de conformité. Et tant qu'il n'existe pas de cadre légal clair en Algérie pour la blockchain, cela reste un frein majeur à son adoption. Une réglementation claire, si une loi venait demain à imposer ou encourager l'usage de la blockchain, constituerait un levier significatif. Il est également essentiel que cette technologie s'intègre harmonieusement avec	Personnellement, je ne vois pas d'obstacle majeur à condition qu'on soit bien formés et accompagnés. Pour que la blockchain s'intègre bien dans notre chaîne logistique, il faut qu'elle simplifie vraiment les choses, comme la collecte des données pour mes rapports. Par exemple, si elle peut automatiser le suivi des flux ou des anomalies, ça réduirait les erreurs et les retards que je vois souvent. Je dirais qu'elle est très forte. L'entreprise est ouverte aux nouvelles solutions, du moment que ça apporte une vraie valeur ajoutée. Comme je ne maîtrise pas trop le sujet, je dirais qu'il faut déjà commencer par bien sensibiliser, pour qu'on comprenne tous de	Je pense qu'on a plusieurs obstacles à surmonter. D'abord, et c'est peut-être le plus évident, c'est le manque de connaissances en interne. On n'a pas vraiment d'experts blockchain dans l'équipe, et moi-même, comme je vous l'ai dit, je n'ai qu'une compréhension superficielle. Il y a aussi un autre aspect important : l'écosystème. La blockchain ne fonctionne bien que si tous les acteurs de la chaîne l'adoptent. Si on est les seuls à l'utiliser, ça n'a pas beaucoup de sens. Et convaincre nos fournisseurs, nos transporteurs, et même nos clients d'investir dans cette technologie serait difficile, surtout en Algérie où on manque d'exemples concrets de réussite dans notre secteur.
---	---	--	--	---	--

projet ne se déploie pas en une fois, il faut y aller étape par étape, de manière structurée. Numilog est un environnement qui encourage l'innovation. Ils sont à l'écoute de toute solution qui optimise et améliore un service. Concernant la capacité d'adoption, oui, l'entreprise est capable. Pour moi, quelle que soit la technologie, il faut une vraie culture d'amélioration continue, que ce soit côté métier ou IT. Il faut que tout le monde pense à comment améliorer les processus actuels. Quand on tend toujours vers l'amélioration, les utilisateurs expriment mieux leurs besoins, ce qui permet à l'IT de proposer des solutions	juridiquement. Si une loi venait encadrer son usage et nous protéger en cas de litige, ce serait un vrai levier. On ne peut pas s'engager dans un projet aussi sensible sans un cadre légal solide. Chez Numilog, on est très vigilants sur la qualité, c'est une priorité absolue pour satisfaire nos clients et viser des standards élevés, comme ceux qu'on associe à une certification comme ISO 9001, même si on n'y est pas encore. Ça nous pousse à toujours chercher à nous améliorer. On a mis en place un WMS pour mieux gérer nos entrepôts et être plus rapides dans nos réponses aux clients, surtout pour des produits sensibles comme les aliments pour bébés qu'on transporte. On a une vraie volonté d'innover, et des idées	nos systèmes existants, sans alourdir les processus. Pour assurer une adoption efficace, un levier clé serait de former nos équipes, en initiant des pilotes sur des processus simples, comme la traçabilité des palettes. Le soutien de la direction est important pour allouer un budget et prioriser le projet, tandis qu'un partenariat avec des experts pourrait accélérer le transfert de compétences. Enfin, démontrer un retour sur investissement clair, par exemple en réduisant les litiges ou les retards de paiement, convaincrail les parties prenantes. Nos succès avec SAP et WMS montrent qu'avec une bonne stratégie, nous pouvons y parvenir. Numilog a toujours cherché à s'améliorer. On	quoi il s'agit concrètement.	Être pionnier complique toujours un peu les choses. Il y a aussi les aspects réglementaires. On n'est pas très au clair sur ce qui est permis ou non avec cette technologie dans notre cadre légal. Ça ajoute une couche d'incertitude, notamment sur la validité des smart contracts et la protection des données. Ce qui compte avant tout, c'est de savoir où on met les pieds. Il faut avoir une idée précise du problème qu'on veut résoudre avec la blockchain. Et si on décide d'y aller, direction doit assumer ce choix pleinement, avec des moyens, du temps, et une vraie stratégie derrière. On avance, mais à notre rythme. On n'est pas les premiers à tester les nouveautés, mais on s'y
--	--	---	-------------------------------------	--

mieux adaptées. On peut très bien travailler sans blockchain, mais si on l'adopte, on peut aller plus loin. Ce n'est pas une technologie à appliquer dans les 5 premières années : il faut des gens qui la maîtrisent, une stabilité, et une vraie volonté.

comme la blockchain, que vous nous avez présentées, nous font réfléchir à de nouvelles façons de renforcer notre traçabilité, notamment pour ces produits. On avance étape par étape, mais on est prêts à évoluer pour rester au top.

Numilog est en pleine expansion dans la logistique et le transport. On a aussi des projets dans le maritime. Il y a un projet en phase d'étude actuellement. Donc intégrer la blockchain, pourquoi pas, mais il faut que ce soit bien aligné avec la stratégie globale et les projets en cours.

est capables d'innover quand c'est pertinent, et on s'adapte vite. Mais pour un saut comme la blockchain, il faut du temps. Nos équipes sont capables, mais elles ont besoin d'être convaincues que ça ne va pas compliquer leur quotidien. Avec une vision claire, on peut aller loin.

Avec ce genre de technologie, il faut y aller étape par étape. Le mieux, c'est de commencer sur un processus bien cadré, à faible risque, histoire de tester concrètement ce que ça peut apporter. Pas besoin de tout chambouler d'un coup. L'important, c'est d'avancer de manière progressive, en gardant une cohérence avec nos priorités actuelles.

met progressivement. Il y a une ouverture à l'innovation, surtout avec les jeunes qui arrivent dans les équipes. But pour adopter une techno comme la blockchain, il faudra un vrai accompagnement.

Je recommande d'identifier un cas d'usage précis, avec un vrai bénéfice attendu, comme la traçabilité ou l'échange sécurisé de documents.
