

Internet des objets, blockchain et big data : quel(s) rôle(s) pour la prise de décision dans la supply chain automobile ?

Hicham Abbad ¹, Samy Souak², Sonia Mahjoub ³

¹Maître de conférences HDR, Département MLT, IUT de Saint-Nazaire, 8 rue Michel Ange - BP 420 - 44606 Saint-Nazaire, hicham.abbad@univ-nantes.fr

²Business Coordinator, L'Oréal Luxe France, samy.souak@loreal.com

³Maître de conférences, Département MSC, Oniris Nantes, Rue de la Géraudière, CS 82225, 44322 Nantes, sonia.mahjoub@oniris-nantes.fr

Résumé : Cette étude de cas traite du rôle de la digitalisation dans la prise de décision au sein de la *supply chain* automobile. Elle s'intéresse plus précisément au cas de la chaîne logistique du groupe français Renault en explorant *via* l'observation participante la manière avec laquelle ce constructeur articule trois technologies émergentes, IoT, *blockchain* et *big data*, pour permettre la prise de décision dans la gestion des flux de pièces et de véhicules. Les résultats montrent que l'IoT (capture des données générées), la *blockchain* (stockage et partage décentralisé et sécurisé des données collectées) et le *big data* (analyse des données) sont complémentaires et forment un écosystème digital et connecté permettant aux managers de prendre des décisions aussi bien pour réagir et s'adapter aux aléas et crises (résilience) que pour les anticiper (proactivité).

Mots clés : *Big Data* ; *Blockchain* ; IoT ; Renault ; *Supply chain* automobile

Internet of things, blockchain and big data: what role(s) for decision-making in the automotive supply chain?

Abstract: This case study examines the role of digitalization in decision-making within the automotive supply chain. It specifically focuses on the supply chain of the French group Renault, exploring through participant observation how this manufacturer integrates three emerging technologies—IoT, blockchain, and big data—to enable decision-making in the management of parts and vehicle flows. The results show that IoT (capturing generated data), blockchain (decentralized and secure storage and sharing of collected data), and big data (data analysis) are complementary. Together, they create a digital and connected ecosystem that allows managers to make decisions both to react and adapt to disruptions and crises (resilience) and to anticipate them (proactivity).

Keywords : Big Data ; Blockchain ; IoT ; Renault ; Automotive supply chain

Citation : Abbad, H., Souak, S., & Mahjoub, S. Internet des objets, blockchain et big data : quel(s) rôle(s) pour la prise de décision dans la supply chain automobile ?. *Revue Française De Gestion Industrielle*, 39(1), 29-41. <https://doi.org/10.53102/2024.39.01.1183>

Historique : reçu le 10/05/2023, accepté le 26/03/2025, en ligne le 27/03/2025

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), permitting all non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. INTRODUCTION

Pour assurer une certaine proximité avec les marchés et baisser les coûts de fabrication, les constructeurs automobiles ont opté pour une stratégie d'internationalisation de l'appareil de production. Cette stratégie n'est pas sans conséquences sur leurs *supply chains* qui deviennent tout naturellement complexes, et donc de plus en plus difficiles à piloter. Certains composants et véhicules sont fabriqués en Asie pour être expédiés vers l'Europe, d'autres sont produits en Europe ou au Maghreb pour être acheminés vers l'Asie. Outre cette complexité due à la multiplication des sites et des flux logistiques en amont et en aval, la *supply chain* automobile doit évoluer dans un contexte turbulent, contraignant et incertain (Reddy et al., 2021). Celui-ci se caractérise par un transport inflationniste, des capacités de transport maritime en forte tension, une pénurie des semi-conducteurs aggravée par la politique de zéro Covid en Chine, une volatilité des taux de change, des instabilités géopolitiques, etc. C'est ainsi que la digitalisation se présente comme une solution indispensable aussi bien pour réagir et s'adapter en assurant ainsi la résilience de la *supply chain* que pour anticiper les effets indésirables de ce contexte sur les flux logistiques (El Baz & Ruel, 2021 ; Zouari et al., 2021). Elle devrait permettre aux managers d'avoir une vision globale sur les flux de composants (pièces et modules) et de véhicules ainsi que sur les capacités de stockage (Reddy et al., 2021). La digitalisation qui nous intéresse ici est celle qui consiste à introduire des technologies émergentes dites de l'industrie 4.0 (internet des objets ou IoT en anglais pour *Internet of Things*, intelligence artificielle, *cloud computing*, *blockchain*, *big data*, *machine learning*, etc.) dans les activités et processus logistiques au sein et entre les entreprises (Abbad et al., 2022).

Conscients de l'utilité de ces technologies pour le pilotage de leurs *supply chains*, les industriels de l'automobile investissent massivement dans des solutions innovantes (Rejikumar et al., 2019). Et c'est notamment le cas du groupe français Renault qui a mis en place début 2021 un plan stratégique afin d'assurer la transformation digitale de ses activités industrielles et logistiques. Intitulé

Renaulution, ce plan a pour objectif de changer la stratégie de production du groupe en transformant une production qualifiée de recherche de volume (produire des véhicules à petit prix pour vendre un grand volume d'unités) en une production dite de valeur avec des véhicules mieux équipés et différenciés, et donc plus rentables. Pour atteindre ses objectifs, le groupe compte énormément sur les moyens technologiques qui peuvent être utilisés dans l'industrie automobile. A ce sujet, Luca De Meo, directeur général du groupe, a déclaré « *Nous passerons d'une entreprise automobile travaillant avec la technologie à une entreprise technologique travaillant avec des voitures.* » (Renault Group, 2023). Cette volonté de transformer l'entreprise par les technologies s'est traduite par l'implémentation de nombreuses solutions dans le secteur de la *supply chain*. Dans cet article, nous nous intéressons à trois solutions, l'IoT comme outil de collecte de données (Madakam et al., 2015), la *blockchain* comme technologie pour partager les données de façon décentralisée et sécurisée (Reddy et al., 2021) et le *big data* qui est utilisé dans le but de créer des outils d'aide à la décision (Benzidia et al., 2021).

En s'appuyant sur la capacité d'innovation des équipes informatiques du groupe et des partenariats avec des acteurs technologiques externes, ces trois technologies devraient permettre au groupe d'accélérer la prise de décision à tous les maillons de la chaîne logistique. La question qui se pose à ce stade est la suivante : comment l'articulation de l'IoT, de la *blockchain*, et du *big data* permettrait-elle la prise de décision dans la *supply chain* de Renault ? Pour y répondre, nous avons mobilisé deux types de méthodes de collecte d'information, l'observation participante et la documentation (articles de presse et revues professionnelles). Les informations ainsi recueillies nous conduisent à structurer cette étude de cas en deux parties. La première sera consacrée au rôle que pourrait jouer la digitalisation dans la *supply chain* automobile, et la seconde s'attardera sur la manière avec laquelle Renault mobilise et combine les solutions technologiques en vue de prendre ses décisions.

2. DIGITALISATION DE LA SUPPLY CHAIN AUTOMOBILE

Les technologies IoT, *blockchain* et *big data* sont des outils innovants qui pourraient permettre à l'industrie automobile de digitaliser ses chaînes logistiques pour les rendre plus résilientes et performantes.

2.1 Internet des objets : une technologie de capture de données

L'internet des objets est considéré comme un changement de paradigme dans le domaine des technologies de l'information (Madakam et al., 2015). Bien qu'il arrive à maturité, l'IoT continue d'être le concept le plus en vogue aussi bien dans l'usage individuel que dans les entreprises. Il s'agit d'une technologie de l'industrie 4.0 dont la dénomination est composée de deux mots, internet et objets. L'IoT a profité de la grande diffusion du réseau internet pour rendre les objets (et/ou personnes) communicants et connectés. Plus globalement, l'IoT permet une communication homme à homme, homme à objet, et objet à objet. Il est conçu pour interagir à distance avec un objet grâce au réseau internet. Cette interaction n'est possible qu'à l'aide de nombreuses technologies et applications. Celles-ci forment l'infrastructure technologique de l'IoT qui compte cinq couches pour (1) identifier les objets connectés (Tags RFID, capteurs, etc.); (2) capturer les données en temps réel (lecteurs RFID, capteurs-antennes, etc.); (3) transmettre les données *via* des réseaux de communication sans fil (LAN, réseaux cellulaires, etc.); (4) stocker les données dans des plateformes (serveur local, serveur cloud, etc.); (5) visualiser, analyser et intégrer les données dans des systèmes de gestion grâce à des plateformes logicielles (kits de développements fournisseurs, systèmes d'information de l'entreprise, etc.). Ces cinq couches technologiques sont synthétisées dans la figure 1. Elles représentent un cadre de référence évolutif entre les responsables managériaux (*supply chain manager* par exemple) et techniques (directeur systèmes d'information par exemple) pour choisir des technologies leur permettant de s'aligner sur les processus d'affaires envisagés (Bendavid et al., 2022). A ce stade, la définition qui

prend en compte l'infrastructure technologique de l'IoT et son utilité pour les managers reste celle de Madakam et al., (2015, p. 165) : « *un réseau ouvert et complet d'objets intelligents qui ont la capacité de s'auto-organiser, de partager des informations, des données et des ressources, de réagir et d'agir face aux situations et aux changements de l'environnement.* »

Dans le domaine de la logistique, l'IoT est perçu comme une révolution numérique qui devrait permettre aux entreprises d'avoir une meilleure visibilité de la totalité de leurs *supply chains* (Abbad et al., 2022 ; Attaran, 2020). L'exemple d'application qui revient le plus souvent demeure celui de l'enseigne Wal-Mart qui a demandé dès 2004 à ses 100 premiers fournisseurs d'équiper palettes et colis de puces RFID (Hardgrave et al., 2008). L'objectif poursuivi était d'optimiser les flux logistiques dans la chaîne d'approvisionnement du distributeur américain (Hardgrave et al., 2008). Le système RFID, principal dispositif technologique de l'IoT, « *permet de lire, d'échanger ou de communiquer des données (taille, poids, volume, prix d'un produit, ou encore mémoriser la température de la remorque d'un camion, etc.) à distance, par le biais de capteurs. Ces capteurs se placent sur les quais de chargement ou de déchargement, ou encore sur les palettes, afin d'identifier en temps réel les mouvements de tous les flux physiques.* » (Abbad et al., 2022, p. 35). Il sert donc à identifier et à suivre les produits en temps réel.

Dans l'industrie automobile, l'IoT s'impose de plus en plus comme une solution majeure pour une meilleure synchronisation des flux physiques (pièces, modules, voitures, etc.) et des flux d'information tout au long des *supply chains*. Par l'interconnexion entre objet et réseau internet, les fabricants peuvent récolter un maximum de données à distance sur le véhicule équipé et obtenir des informations fiables. Les données récoltées grâce à l'IoT permettent aux équipes *supply chain* d'avoir une meilleure visibilité. Les prestataires signent des contrats avec les constructeurs et négocient un délai de livraison. Cependant, le constructeur n'a aucune visibilité sur le processus d'acheminement de la pièce ou du véhicule de son

point de départ jusqu'à son point d'arrivée. Le produit est transporté d'un point A à un point B mais la plupart des contrats de livraison ne stipule aucune contrainte technique ou de livraison. Le véhicule peut alors effectuer tous les mouvements possibles et imaginables, tant qu'il arrive en parfait état ainsi que dans les délais conclus avec le fabricant

automobile. Le transporteur ne peut pas être pénalisé par son chargeur. L'IoT s'avère alors comme une technologie indispensable pour le constructeur afin de savoir ce qu'il s'est passé durant le transport de véhicules. Ceci permet d'orienter le transporteur et d'optimiser ainsi la chaîne logistique.

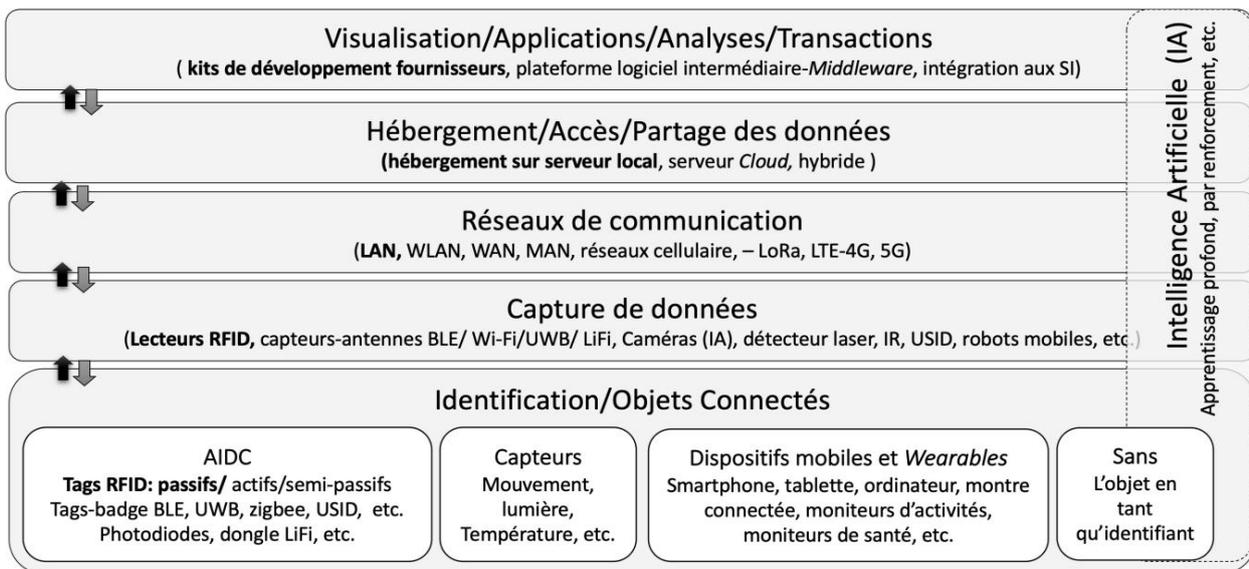


Figure 1 : Infrastructure technologique de l'IoT
Source : Bendavid et al. (2022)

2.2 Blockchain : une réponse aux risques de digitalisation de la supply chain

La *blockchain* (ou chaîne de blocs) est une technologie émergente inventée en 2008 pour le fonctionnement des premières cryptomonnaies. Elle s'est avérée être une véritable avancée technologique applicable à d'autres secteurs que la cryptomonnaie tels que l'assurance, la santé, l'énergie, l'industrie et la logistique. Un rapport de 2018 de la mission d'information commune de l'Assemblée nationale sur les usages des chaînes de blocs et autres technologies de certification de registre définit cette technologie comme « un registre, une grande base de données qui a la particularité d'être partagée simultanément avec tous ses utilisateurs, tous également détenteurs de ce registre, et qui ont également tous la capacité d'y

inscrire des données, selon des règles spécifiques fixées par un protocole informatique très bien sécurisé grâce à la cryptographie. » Il s'agit donc d'un registre numérique, décentralisé et sécurisé qui permet à ses utilisateurs d'enregistrer, de partager et de stocker des informations (Reddy et al., 2021). La *blockchain* se présente alors comme un moyen efficace pour enregistrer et partager des transactions entre plusieurs acteurs de façon vérifiable et permanente (Helo & Hao, 2019 ; Xu et al., 2022). Généralement, il existe trois types de *blockchain* (Pandey et al., 2022) : (1) publique, qui ne requiert aucune autorisation pour devenir un nœud (membre) et créer de nouvelles transactions ; (2) privée, qui nécessite une autorisation de la part d'une seule autorité de contrôle (un constructeur automobile par exemple) pour qu'un membre puisse rejoindre le réseau, enregistrer une nouvelle transaction et participer aux mécanismes de

consensus pour la création d'un nouveau bloc ; (3) fédérée ou de consortium, qui peut être assimilée à une *blockchain* privée sauf que l'adhésion d'un nouveau utilisateur demande l'approbation d'un certain nombre de nœuds.

La littérature académique recense de nombreuses caractéristiques et avantages de la *blockchain* dans des secteurs divers et variés (Alkhudary et al., 2020 ; Friedman & Ormiston, 2022 ; Kasten, 2020 ; Laforet & Bilek, 2021 ; Lesuseur-Cazé et al., 2022 ; Mahjoub & Abbad, 2025 ; Reddy et al., 2021) : la décentralisation, la confidentialité, l'immutabilité, l'irréversibilité, la transparence, la sécurité, l'authenticité, la traçabilité, l'accès équitable, la fiabilité et la qualité des données. Dans la *supply chain*, la *blockchain* possède quatre caractéristiques fondamentales permettant d'améliorer l'intégration des flux et la coordination entre les différents acteurs (Chang et al., 2019) :

- la transparence : une fois inscrite dans le registre de la *blockchain*, l'information est partagée par l'ensemble des utilisateurs. Chaque utilisateur peut donc y accéder de manière libre et sécurisée.

- l'automatisation : cette caractéristique relève des *smart contracts* (contrats intelligents) qui renvoient à des protocoles informatiques permettant l'exécution d'un contrat. La capacité des *smart contracts* à exécuter automatiquement des instructions prédéfinies rend les négociations et les transactions beaucoup plus rapides, précises et moins coûteuses.

- la tokenisation : la *blockchain* est capable de créer une sorte d'identité à n'importe quel type de produit. Une fois le produit créé et répertorié dans les bases de données, le produit dispose d'une identité sécurisée qui permettra d'assurer sa traçabilité dans les bases de données jusqu'à sa livraison finale. Grâce à la *blockchain* qui ne permet ni la modification ni la suppression de cette identité, il est par conséquent impossible de contrefaire la référence, ce qui est très important notamment pour le secteur automobile. Celui-ci étant un secteur de haute technologie, des pièces contrefaites sur un véhicule peuvent affecter sérieusement la sécurité d'un véhicule, et par conséquent mettre en danger le client final.

- la validation : la validation rejoint l'automatisation dans le procédé de valider ou non les différents contrats en fonction des critères définis par le constructeur.

Dans leur travail, Reddy et al. (2021) décrivent les avantages de la *blockchain* dans la *supply chain automobile*, c'est-à-dire de l'approvisionnement jusqu'à la distribution en passant par la production.

En ce qui concerne l'approvisionnement (ou transport), premier maillon de la chaîne logistique, la technologie *blockchain* permet de suppléer l'IoT dans la sauvegarde et la sécurisation des données. Les données capturées par l'IoT grâce aux différentes couches de son architecture seraient alors inscrites dans le registre de *blockchain* afin de leur donner de la valeur par leur aspect sécurisé et immuable. Le constructeur aurait donc la certitude que ces données sont fiables et inaltérables. La *blockchain* fournira un écosystème de confiance entre toutes les parties prenantes du transport et assurera ainsi facilement la traçabilité des pièces ainsi que celle des véhicules transportés.

Pour ce qui est de la production, ce maillon de la chaîne logistique se transformerait de la même manière que le transport. Les machines utilisées pour la fabrication de pièces ou de véhicules complets sont équipées avec de l'IoT pour mesurer le degré d'utilisation de la machine, son état ou encore son usure au fil du temps. Relevées à l'aide de capteurs IoT et stockées dans la *blockchain*, ces données seront fiables sans pouvoir être modifiées par le prestataire s'occupant de la maintenance. La transparence entre le constructeur automobile et la société de maintenance étant à un niveau optimal, le constructeur automobile ne pourra supporter le coût de maintenances supplémentaires réalisées sur les postes de production sans justification par les données récoltées via l'IoT (Kasten, 2020). Les économies ainsi réalisées pourraient s'avérer conséquentes puisque les machines utilisées dans les usines automobile sont onéreuses.

Enfin, le dernier maillon qui est la distribution, il relève essentiellement du service après-vente. Ce maillon est très important dans l'industrie automobile notamment en raison du coût élevé d'un véhicule neuf. La *blockchain* pourrait alors faciliter au constructeur la prise de décision concernant les garanties. En cas de problème

rencontré lors de l'utilisation d'un véhicule par le client, le constructeur pourrait alors consulter les données récoltées par l'IoT (température du moteur, régime du moteur moyen, etc.) afin de comprendre d'où proviennent les problèmes techniques rencontrés par le client et ainsi prendre certaines décisions par rapport aux réclamations. Les données stockées dans la *blockchain*, sécurisées et non modifiables, serviront d'argument au constructeur en cas de litige avec un client et dégageront par conséquent des économies sur les services d'entretien après-vente.

La *blockchain* constitue donc une deuxième étape de la digitalisation de la *supply chain* automobile. Les données sont collectées par l'IoT puis stockées et sécurisées dans la *blockchain* afin de les rendre qualitatives en leur donnant une forte valeur ajoutée.

2.3 *Big data* : un outil pour la prise de décision

Le *big data* ne peut être défini de manière précise et consensuelle. Sa définition peut varier selon le domaine et le champ d'activité étudié. Pour notre terrain d'application, la chaîne logistique de l'industrie automobile, le *big data* peut être défini comme une solution inventée pour permettre aux *supply chain managers* des constructeurs automobiles d'accéder en temps réel aux données *via* des bases de données géantes concernant les différentes variables souhaitées.

Regroupées dans une famille de différents outils, les solutions du *big data* répondaient à 3 V (Volume, Vitesse, Variété) qui correspondaient à 3 objectifs. Ce concept des 3 V élaboré par Laney (2001) a été utilisé dans un contexte ancien où les outils numériques n'étaient pas encore démocratisés dans les entreprises. Face à l'accroissement des données générées, l'analyse du *big data* ne peut se cantonner uniquement à ces 3 objectifs. En effet, lors de la construction de ce concept par Laney (2001), la production de données par seconde se mesurait en téraoctets ou en gigaoctets. Aujourd'hui, en raison de l'accroissement de l'utilisation des outils permettant de produire des données massives (IoT, ordinateurs, réseaux sociaux, etc.), le nombre de données générées par seconde se mesure en

zettaoctets et en brontoctets qui sont des unités de mesure respectivement un milliard et mille milliards de fois plus élevés que le téraoctet (Bourany, 2018). On parle désormais de 5 V :

Volume : évoqué précédemment, le volume de données augmente conséquemment d'année en année au fur et à mesure de l'accroissement des technologies disponibles. Les outils développés par les éditeurs de bases de données doivent donc disposer d'une capacité de stockage beaucoup plus grande afin d'héberger toutes les données. Le cloud, qui désigne les serveurs accessibles à distance sur internet, est d'ailleurs né de ces besoins de stockage face aux volumes croissants de données générées.

Vitesse : Grâce à des technologies comme l'IoT, l'information peut être recueillie en temps réel, ce qui génère des données qui doivent être rapidement exploitées. La vitesse de création, de collecte ainsi que de transmission des données doit donc être la même pour ne pas laisser échapper le potentiel des outils technologiques employés. La vitesse des données pourra aussi parfois permettre d'éviter le stockage de ces dernières. Lorsque les données seront capturées, elles seront systématiquement traitées pour un événement donné et supprimées rapidement suite à leur exploitation. Les outils doivent donc disposer d'une grande puissance de calcul pour pouvoir assurer leur performance optimale.

Variété : les domaines d'application demeurent vastes pour l'utilisation du *big data*. Les différents types de données récoltées peuvent être affichés sous des formes diverses et variées. Cependant, toutes les données ne sont pas faciles à analyser. On considère aujourd'hui que 80 % des données recueillies par les utilisateurs ne sont pas structurées (images, textes, vidéos, etc.) (Bourany, 2018).

Valeur : Les données sont aujourd'hui des actifs estimés à des sommes très élevées. Ayant une forte valeur économique grâce au potentiel d'utilisation après analyse, ces données ont incité les entreprises, dont les constructeurs automobiles, à beaucoup investir dans ces systèmes : « Alors que l'ensemble des projets liés au *big data* ne présentait qu'un revenu de 100 millions d'euros en 2009, ces revenus et profits ont considérablement augmenté

depuis 2012, générant près de 42 milliards d'euros de revenu mondial de marché en 2018, et certaines prédictions notamment émises par le portail Statista évaluent à plus de 100 milliards ces revenus à l'horizon 2030. » (Bourany, 2018, p. 29). Les données massives poussent les entreprises à investir dans de grands projets de *big data* dans le but d'obtenir un retour sur investissement conséquent à long terme et de pouvoir faire d'énormes économies de coût.

Véracité : la qualité des données est essentielle dans un contexte industriel. En effet, lorsque les données sont extraites, des décisions sont prises à partir de cette extraction. Si ces données sont erronées, les décisions prises à partir de ces dernières le seront également, ce qui pourra entraîner de grosses pertes pour l'entreprise.

Ces cinq piliers forment donc un ensemble indispensable à l'utilisation des technologies du *big data* et à la mise en place d'outils performants dans la *supply chain* automobile. Ces outils sont nombreux. Ils diffèrent en fonction de l'utilisation souhaitée et de l'objectif de l'outil. Alors que certains outils spécialisés sont uniquement mobilisés dans la gestion de production en usine, d'autres sont employés pour gérer le transport de pièces ou de véhicules. Ces outils peuvent être utilisés pour réaliser des tâches opérationnelles ou prendre des décisions d'ordre stratégique. Les principaux outils internes du *big data* en logistique des constructeurs automobiles sont les ERP (*Enterprise Resource Planning*), les WMS (*Warehouse Management System*), les TMS (*Transport Management system*) et les logiciels du BI (*Business Intelligence*). Ils jouent un rôle important dans l'optimisation des chaînes logistiques des fabricants.

Dans cette première partie, notre objectif était de démontrer comment des technologies que sont IoT, *blockchain*, *big data* pouvaient être mobilisées dans la *supply chain* d'un constructeur automobile. En procédant étape par étape, d'abord la collecte des données (IoT), puis le stockage de ces données (*blockchain*) et enfin leur utilisation (*big data*), nous avons vu que ces technologies constituent des outils d'aide à la décision. Qu'en est-il pour Renault ?

3. DIGITALISATION ET AIDE A LA DECISION DANS LA SUPPLY CHAIN DE RENAULT

3.1 La *supply chain* de Renault : organisation, acteurs et flux

La *supply chain* de Renault est complexe. En effet, elle compte un nombre élevé d'acteurs nationaux et internationaux (35 usines, 6 000 fournisseurs et plus d'une centaine de transporteurs) depuis l'acheminement des matières premières et de pièces de leur lieu de stockage jusqu'à la distribution des véhicules produites dans des usines situées dans quatre continents. Comme tous les autres constructeurs automobiles, la *supply chain* de Renault est scindée en deux parties, *Inbound* (flux entrants) et *Outbound* (flux sortants). En ce qui concerne la partie *Inbound*, les équipes s'occupent de l'approvisionnement en matières premières qui permet de fabriquer les différentes pièces et modules nécessaires au montage des véhicules. Ces équipes sont composées d'acheteurs, de coordinateurs transport, de coordinateurs de production, de planificateurs et aussi de collaborateurs spécialistes de la data et de l'informatique. Les systèmes d'information les plus utilisés pour les flux *Inbound* sont principalement des logiciels de planification, de prévision et de communication. Ces systèmes d'information appliquent des algorithmes mathématiques poussés pour pouvoir prévoir à l'avance les différents besoins en matières premières sous certaines contraintes.

Pour ce qui est de la partie *Outbound*, les équipes interviennent au moment où pièces et modules sont assemblés sur le véhicule. Le périmètre d'action de ces équipes touche un certain nombre d'étapes du processus, à savoir l'assemblage des pièces et le montage de véhicules complets, leur stockage dans les différents CLE (Centres de Distribution de Véhicules) et leur livraison aux différents concessionnaires ou clients finaux. Ces équipes sont composées d'acheteurs (principalement transport), de coordinateurs de flux, de gestionnaires de production, de planificateurs ainsi que de spécialistes data et informatique. En termes d'organisation humaine, les équipes *Outbound*

fonctionnent de la même manière que les équipes *Inbound* avec cependant une différence en termes d'équipements numériques. En effet, les équipes *Outbound* possèdent en plus des logiciels de prévision et des systèmes de communication, des logiciels de data visualisation dans le but de créer des outils d'aide à la prise de décision ainsi que des WMS et TMS pour faciliter la gestion des stocks et des expéditions.

Le transport chez Renault est un secteur très important puisque la marque produit et vend des véhicules dans presque tous les pays du monde. Cette dispersion engendre donc une multitude de moyens et de schémas de transport en vue d'acheminer les véhicules depuis les usines jusqu'aux points de livraison. Globalement, le schéma logistique de Renault se décompose en deux étapes importantes : (1) l'approche, qui désigne tout le processus permettant de transporter le véhicule de son lieu de production jusqu'au centre de stockage du transporteur, et ce grâce à des moyens de transport pouvant être alors divers et variés (maritime, ferroviaires, routier) ; (2) le transport capillaire, qui fait référence à la livraison finale entre le centre de stockage du transporteur et le concessionnaire ou le client final.

3.2 La *supply chain* de Renault : la digitalisation comme outil d'aide à la décision

Face aux différentes fluctuations conjoncturelles, Renault se doit de pouvoir anticiper les prochaines perturbations de son marché et de prendre des décisions pour pouvoir améliorer la résilience de sa *supply chain*. Cette résilience est un atout très important pour la *supply chain* d'un constructeur car elle permet à l'entreprise d'être flexible, adaptable et agile. Cette capacité à ne pas être très impacté et de pouvoir réagir rapidement en cas de crises est de plus en plus indispensable pour les managers. Outre les technologies développées par des prestataires pour l'aider à prendre des décisions, Renault s'est également doté d'outils permettant d'avoir une vision à long terme sur les tarifs de transport. Comme ces tarifs représentent une grande part des coûts de la *supply chain* du constructeur, il est apparu plus que nécessaire pour

le constructeur de réagir et se doter d'un outil performant.

3.2.1 Solutions technologiques externes et aide à la décision

Pour digitaliser sa *supply chain* et améliorer sa résilience, Renault a décidé de s'allier avec plusieurs entreprises développant des solutions digitales et technologiques innovantes. C'est ainsi que pour s'équiper de la technologie IoT, Renault a fait appel à deux entreprises françaises, ELA Innovation, fabricant de tags RFID et IER, intégrateur filiale du groupe Bolloré. Les trois entreprises ont choisi deux types de RFID, passive et active. La RFID passive, ne comportant pas de source d'alimentation embarquée, est utilisée pour suivre les emballages. La RFID active, quant à elle, a été adoptée pour la géolocalisation en temps réel des chariots-élévateurs, la détection automatique des palettes et la lecture des tags passifs posés sur les emballages. Qu'il s'agisse de tags passifs ou actifs, toutes les données des puces électroniques sont enregistrées dans le système d'information de l'entreprise. Celui-ci est alimenté également par des capteurs relevant de l'IoT industriel installé dans ses usines et surtout sur les machines des chaînes de montage, et ce en vue d'extraire des données sur leurs performances, industrielle et énergétique. Née d'une collaboration entre Renault et Atos, et nommée ID@SCALE (*Industrial Data @ Scale*), cette solution de l'IoT industriel permet au constructeur français par l'intermédiaire de ses employés en usine de récolter les données de manière optimale grâce à la normalisation de ces données, à la facilité d'accès à ces données ainsi qu'à la visualisation créée directement par cet outil. Cette visualisation permet l'élaboration de *dashboards* qui sont des outils efficaces pour corriger et permettre de prendre des décisions stratégiques portant sur les méthodes de production. Cette solution déployée en 2020 a déjà permis l'économie de 80 millions d'euros dans 22 usines où ID@SCALE est adopté. Le constructeur souhaite alors élargir et déployer cette solution dans ses 35 usines et ambitionne d'économiser 200 millions d'euros par an dans sa *supply chain* (Atos, 2022).

Pour avoir la *blockchain*, Renault a conclu un partenariat stratégique avec un certain nombre d'acteurs. C'est avec Faurecia, leader technologique de l'industrie automobile, Knauf Industries, fabricant de packaging automobile, Simoldes et Coşkunöz, fournisseurs de pièces automobiles, ainsi que le géant de l'informatique IBM, que Renault s'est associé afin de créer une *blockchain* privée nommée XCEED (*eXtended Compliance End-to-End Distributed*). Utilisant la technologie open source Hyperledger Fabric et combinant big data et intelligence artificielle, cette solution a pour objectif de tracer en temps réel les composants montés sur un véhicule et de certifier leur conformité de la conception à la production (IBM, 2021). Accessible via un portail Web, cette plateforme permettra grâce à l'aspect sécurisé de la *blockchain* de créer un écosystème de confiance afin de communiquer et de partager les informations entre les fabricants de pièces et les constructeurs automobiles : « nous passons notre temps à faire des matrices de transformation d'un processus à l'autre [...] à échanger les données sous forme de fichiers Excel ou autres. Ce ne sont pas des échanges de données en direct, contrairement à ce que permet la *blockchain*. Celle-ci va apporter de la valeur à chacun des membres. L'intérêt de la *blockchain* est de mettre un lien directement avec ses bases de données, de manière sécurisée. », explique la vice-présidente *blockchain* du groupe Renault (LeMagIT, 2020). Outre l'objectif premier lié à la conformité, la *blockchain* permet d'aider les managers à prendre des décisions pour la gestion des opérations logistiques. Cette technologie permet par exemple aux logisticiens de Renault de chercher des alternatives d'approvisionnement en cas de défaillance de l'un de ses fournisseurs dans la livraison des pièces.

Une fois l'IoT et la *blockchain* implémentés, Renault n'avait plus qu'à choisir un partenaire de qualité pour se doter d'une architecture *big data* efficace et répondant aux 5 V mentionnés précédemment. Pour cette partie de digitalisation de sa *supply chain*, Renault a décidé de s'allier avec le géant Google. Ce partenariat avec l'entreprise américaine a pour objectif de développer et d'améliorer les outils numériques du groupe et de passer une nouvelle

fois un cap dans la mise en place et le développement de l'industrie 4.0. Cette technologie de *cloud* installée par Google Cloud vise à agréger et à stocker toutes les données de la *supply chain* en permettant aux collaborateurs de Renault d'avoir accès à des données portant sur la qualité de la production, la chaîne d'approvisionnement ou encore les tarifs de transport (Clubic, 2020). L'avantage premier de cette technologie est qu'elle est capable de générer des économies de coût notamment pour l'utilisation des datas en interne. En effet, avant le partenariat avec Google Cloud, Renault disposait d'un système numérique permettant de stocker et de consulter certaines données grâce à des extractions (quotidiennes ou hebdomadaires) réalisées et mises en forme par les équipes data du constructeur. Cependant, ces extractions représentaient un certain coût puisque le constructeur devait payer l'administrateur de la base de données à chaque extraction, ce qui pouvait représenter un coût important lorsque les extractions étaient quotidiennes. Cela pouvait alors dissuader les équipes informatique ou data d'extraire ces données et ainsi perdre en efficacité dans les activités production et transport. Grâce à cette technologie de *cloud* mise en place par Google, Renault peut extraire des données sans surcoût. L'autre avantage de ce partenariat avec Google est la formation des employés du constructeur français à ces outils du *big data*. Ainsi, les équipes de production, informatique, *supply chain*, ou encore ingénierie des processus ont été formées sur ces différents outils technologiques permettant ainsi au groupe d'accélérer la prise de décision visant l'optimisation des différentes opérations de la *supply chain*. La culture du *big data* pourra alors être intégrée de plus en plus chez Renault pour pouvoir par la suite développer en interne des solutions digitales innovantes grâce à ce transfert de connaissances. Le gain est donc à la fois opérationnel grâce aux économies de coûts réalisées dans la *supply chain* mais également stratégique en raison des compétences acquises par les employés. Enfin, les données restent propriété intellectuelle du constructeur français même si elles sont stockées dans le cloud de Google, ce qui ne pose donc pas de problème de confidentialité (Qualité références, 2020). Pour une exploitation

efficace de ces données, Renault vient de lancer son propre outil d'intelligence artificielle générative nommé « GenAI@Renault ». Cet outil combiné à des modèles de *Machine Learning* permet grâce des données internes (transport et stock) et externes (conditions météorologiques et de circulation) de surveiller la « logistique pièces » pour s'assurer de la livraison des composants à temps dans les usines du groupe. Il est également utilisé pour gérer la « logistique véhicules » en estimant l'heure de livraison aux clients et en préparant des alternatives en cas d'incidents logistiques.

3.2.2 Solutions technologiques internes et aide à la décision

Dans le contexte incertain décrit en introduction, le groupe Renault a décidé de mettre en place un outil de prévision des coûts de transport de 2022 à 2026. Cet outil permet aux collaborateurs de l'entreprise de pouvoir visualiser de manière simple, rapide et intuitive l'ensemble des coûts de livraison du groupe en quelques clics. L'outil ainsi conçu est un outil de data visualisation. Il permet de réunir dans la même base de données un ensemble de documents extraits d'autres bases de données provenant de différents pôles du constructeur et ainsi de les agréger et de les réunir en fonction de leur codification. Il est conçu sur la solution Spotfire, un logiciel de data visualisation éditée par TIBCO. Il est un des concurrents du logiciel de documents de tout type (Excel, PDF, etc.) afin de pouvoir créer différents types de visualisation (cartographie, graphique, etc.).

Ce logiciel permet grâce à un système de *machine learning* et d'intelligence artificielle de croiser différents types de données. Prenons par exemple les types de véhicules chez Renault. Dans les fichiers de l'entreprise, les véhicules ne sont pas appelés par les noms commerciaux que le grand public connaît (Clio, Mégane, Twingo, etc.) mais par des codes internes à trois lettres (BJA, DCB, etc.). Si ce code à trois lettres est présent dans deux fichiers différents, le logiciel Spotfire peut alors créer une jointure entre ces deux fichiers en prenant pour facteur commun le code du véhicule. Grâce à cette fonctionnalité, il est possible de créer un fichier unique à partir d'une infinité de fichiers afin de

rassembler toutes les informations récoltées auprès des différents pôles de l'entreprise et donc de pouvoir créer des rapports complexes prenant en compte plusieurs paramètres. Ce travail est indispensable dans le contexte dans lequel évolue le constructeur français. Le deuxième atout de ce type de logiciel est la visualisation. Grâce à ce type de logiciel, il est possible de mieux voir les résultats obtenus, de pouvoir sélectionner les données et donc d'avoir un meilleur type d'interface. Enfin, l'outil dispose d'une grande capacité de stockage, ce qui permet d'utiliser un grand nombre de données sur le même rapport. Les rapports obtenus sont ensuite sauvegardés dans le cloud du constructeur français. Ce type de stockage est un réel atout puisque tous les collaborateurs du groupe, ayant accès à la base de données et au logiciel, pourront consulter l'outil de manière permanente.

Le but de cet outil de prévision est de permettre un meilleur affichage des coûts de transport du groupe quel que soit le mode de transport, le type de flux, le tronçon (trajet) et le véhicule. Le coût moyen de chaque véhicule est disponible pour chaque année. Il est également possible de le décomposer pour savoir quelle composante du coût total représente la plus grande part pour l'activité transport. De plus, les différents filtres mis en place permettent d'obtenir les coûts pour chaque tronçon sélectionné. Il s'agit donc d'un véritable référentiel sur les coûts de transport du constructeur français. Un tel référentiel sert à aider les équipes *supply chain* à affiner les négociations avec les fournisseurs de transport et plus globalement à prendre des décisions pour le choix des prestataires.

Le point fort de cet outil est donc sa flexibilité, les hypothèses de prévisions ainsi que les différentes données peuvent être modifiées très rapidement. La modification d'une donnée affectera tout l'outil qui pourra alors réactualiser en quelques secondes les différents résultats obtenus. Cette capacité à être flexible est très importante pour un outil de prévision comme celui de Renault. Les hypothèses étant constamment modifiées car ces hypothèses dépendent des événements passés, leur modification doit être facile et rapide. Cette adaptabilité de l'outil est un réel atout pour avoir des résultats fiables au quotidien permettant de

suivre en temps réel l'évolution des coûts de transport du groupe et de prendre ainsi des décisions rapidement pour pouvoir les optimiser.

4. CONCLUSION

Cette étude de cas s'intéresse à la digitalisation de la *supply chain* de Renault, un acteur majeur de l'industrie automobile qui occupe la première place en France et la troisième au niveau mondial. L'objectif est de montrer comment l'utilisation de trois technologies, IoT, *blockchain* et *big data*, permet à la chaîne logistique de ce groupe de prendre des décisions. Les résultats des observations sur le terrain montrent que l'IoT (capture des données générées), la *blockchain* (stockage et partage décentralisé et sécurisé des données collectées) et le *big data* (analyse des données) sont complémentaires et forment un écosystème digital et connecté permettant aux managers de prendre des décisions aussi bien pour réagir et s'adapter aux aléas et crises (résilience) que pour les anticiper (proactivité). Qu'elle soit opérationnelle, tactique ou stratégique, cette prise de décision est facilitée et accélérée grâce la rapidité de collecte, de stockage et d'analyse des données générées tout au long de la *supply chain*.

Les trois outils étudiés s'avèrent donc nécessaires pour aider tout constructeur automobile, et plus globalement tout industriel fabriquant des produits en grandes séries, à améliorer la performance de sa chaîne logistique, à satisfaire ses clients et *in fine* à s'inscrire dans une véritable démarche *supply chain management*. Cependant, force de constater que ces outils ne sont pas infaillibles et ne peuvent régler tous les problèmes éventuels (Lairet et al., 2016) comme par exemple prévoir les aléas climatiques ou les crises sanitaires. L'efficacité de ces outils dépendra de la maturité technologique de l'entreprise et de sa capacité à exploiter les données rapidement par un recours prudent et efficace aux outils de l'intelligence artificielle. Aussi, la question de la sécurité des données capturées à l'aide de l'IoT et stockées dans la *blockchain* reste posée. Pour utiliser tout le potentiel de ces technologies, les entreprises sont amenées à redoubler de vigilance contre les failles et les menaces de sécurité en mettant en place une identification et une

surveillance permanentes des risques (cyberattaques).

5. REFERENCES

- Abbad, H., Benzidia, S., & Bentahar, O. (2022). Transformation digitale de la supply chain : caractéristiques, enjeux et voies de recherche futures. *Logistique & Management*, 30(4), 119-124. <https://doi.org/10.1080/12507970.2022.2142022>
- Abbad, H., Lairet, G., & Mahjoub, S. (2022). L'adoption de la RFID à l'ère de l'internet des objets : application à la grande distribution alimentaire. *Marché et organisations*, 45, 33-47. <https://doi.org/10.3917/maorg.045.0033>
- Alkhudary, R., Brusset, X., & Fenies, P. (2020). "Blockchain in general management and economics: a systematic literature review". *European Business Review*, 32(4), 765-783. <https://doi.org/10.1108/EBR-11-2019-0297>
- Atos (2022). *Renault Group et Atos lancent une solution inédite de collecte de datas industrielles à grande échelle pour accélérer l'industrie 4.0*. https://atos.net/fr/2022/communiqués-de-presse_2022_06_28/renault-group-et-atos-lancent-une-solution-inédite-de-collecte-de-datas-industrielles-a-grande-échelle-pour-accelerer-lindustrie-4-0
- Attaran, M. (2020). Digital Technology Enablers and Their Implications for Supply Chain Management. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 21(3), 158-172. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1751568>
- Bag, S., Dhamija, P., Luthra, S. & Huisingh, D. (2023). How big data analytics can help manufacturing companies strengthen supply chain resilience in the context of the COVID-19 pandemic. *The International Journal of Logistics Management*, 34(4), 1141-1164. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2021-0095>
- Bendavid, Y., Hachani, M., & Rostampour, S. (2022). Design et développement d'un prototype de magasin connecté pour les petites entreprises. *Marché et organisations*, 45, 49-80. <https://doi.org/10.3917/maorg.045.0049>
- Benzidia, S., Makaoui, N., & Bentahar, O. (2021). The impact of big data analytics and artificial intelligence on green supply chain process integration and hospital environmental performance. *Technological Forecasting & Social Change*, 165, 120557. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120557>
- Bourany, T. (2018). Les 5V du big data. *Regards croisés sur l'économie*, 23(2), 27-31. <https://doi.org/10.3917/rce.023.0027>

- Chang, S.E., Chen, Y.-C., & Wu, T.-C. (2019). Exploring blockchain technology in international trade: Business process re-engineering for letter of credit. *Industrial Management & Data Systems*, 119(8), 1712-1733. <https://doi.org/10.1108/IMDS-12-2018-0568>
- Clubic (2020). Renault signe un contrat exclusif avec Google Cloud. <https://www.clubic.com/pro/entreprises/google/actualite-5765-renault-signe-un-contrat-cloud-exclusif-avec-google.html>
- El Baz, J., & Ruel, S. (2021). Can Supply Chain Risk Management Practices Mitigate the Disruption Impacts on Supply Chains' Resilience and Robustness? Evidence from an Empirical Survey in a COVID-19 Outbreak Era. *International Journal of Production Economics*, 233, 107972. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107972>
- El Jaouhari, A., Arif, J., Samadhiya, A., Kumar, A. & Garza-Reyes, J.A. (2024). An environmental-based perspective framework: integrating IoT technology into a sustainable automotive supply chain. *Benchmarking: An International Journal*, 31(10), 3655-3689. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2023-0322>
- Friedman, N., & Ormiston, J. (2022). Blockchain as a sustainability-oriented innovation?: Opportunities for and resistance to Blockchain technology as a driver of sustainability in global food supply chains. *Technological Forecasting & Social Change*, 175, 121403. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121403>
- Helo, P., & Hao, Y. (2019). Blockchains in operations and supply chains: A model and reference implementation. *Computers & Industrial Engineering*, 136, 242-251. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.023>
- Hardgrave, B.C., Langford, S., Waller, M., & Miller, R. (2008). Measuring the Impact of RFID on Out of Stocks at Wal-Mart. *MIS Quarterly Executive*, 7(4), 181-192. <https://aisel.aisnet.org/misqe/vol7/iss4/4>
- IBM (2021). XCEED, la nouvelle solution blockchain pour la certification de la conformité des véhicules, fait un pas de plus en Europe. <https://fr.newsroom.ibm.com/featured-stories?item=29945>
- Kasten, J.E. (2020). Engineering and Manufacturing on the Blockchain: A Systematic Review. *IEEE Engineering Management Review*, 48(1), 31-47. <https://doi.org/10.1109/EMR.2020.2964224>
- Laforet, L. & Bilek, G. (2021). Blockchain: an inter-organisational innovation likely to transform the supply chain. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 22(3), 240-249. <https://doi.org/10.1080/16258312.2021.1953931>
- Lairet, G., Rowe, F., & Geffroy, B. (2016). Understanding the undesirable effects of using interorganizational systems and integrated information systems: Case studies among supply chain partners, *Proceedings of the 2016 European Conference on Information Systems (ECIS)*, Istanbul, Turkey.
- Laney, D. (2001). 3-D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety. META Group Research Note.
- LeMagIT (2020). Renault teste la blockchain pour assurer la conformité de ses véhicules. <https://www.lemagit.fr/etude/Renault-teste-la-blockchain-pour-assurer-la-conformite-de-ses-vehicules>
- Lesuseur-Cazé, M., Bironneau, L., Lux, G., & Morvan, T. (2022). Réflexions sur les usages de la blockchain pour la logistique et le Supply Chain Management : une approche prospective. *Revue Française de Gestion Industrielle*, 36(1), 60-82. <https://doi.org/10.53102/2022.36.01.917>
- Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 3(5), 164-173. <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>
- Mahjoub, S., & Abbad, H. (2025). An Intelligent Fair and Decentralized Consensus Mechanism for Blockchain-Based Supply Chain. *11th IFAC Conference MIM*, June 30 - July 3, Trondheim, Norway.
- Mission sur les usages des chaînes de blocs et autres technologies de certification de registres (2018). Rapport d'information sur les chaînes de blocs (blockchains), (1501), Assemblée Nationale, Paris.
- Pandey, V., Pant, M., & Snaes, V. (2022). Blockchain technology in food supply chains: Review and bibliometric analysis. *Technology in Society*, 69, 101954. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101954>
- Reddy, K.R.K., Gunasekaran, A., Kalpana, P., Sreedharan, V.R., & Kumar, S.A. (2021). Developing a blockchain framework for the automotive supply chain: A systematic review. *Computers & Industrial Engineering*, 157, 107334. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107334>
- Rejikumar, G., Raja Sreedharan, V., Arunprasad, P., Persis, J., & Sreeraj, K. M. (2019). Industry 4.0: key findings and analysis from the literature arena. *Benchmarking: An International Journal*, 26(8), 2514-2542. <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2018-0281>
- Qualité références (2020). Groupe Renault et Google Cloud : partenaires pour l'industrie 4.0. <https://qualite-references.com/renault-et-google-cloud-partenaires-pour-lindustrie-4-0/#:~:text=Le%20nouveau%20partenariat%20entre%20Groupe,d%C3%A9ploiement%20de%20l'industrie%204.0>

Renault Group (2023). *Renaulution : tout savoir sur notre plan stratégique*. <https://www.renaultgroup.com/groupe/plan-strategique/#anchor-4>

Zouari, D., Ruel, S. & Viale, L. (2021). Does Digitalising the Supply Chain Contribute to Its Resilience? *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 51(2), 149-180. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-01-2020-0038>

Xu, X., Tatge, L., Xu, X., & Liu, Y. (2022). Blockchain applications in the supply chain management in German automotive industry. *Production Planning & Control*, 35(9), 917-931. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2044073>

6. BIOGRAPHIE



HICHAM ABBAD

Hicham ABBAD est Maître de conférences HDR en logistique et *supply chain management* à Nantes Université et membre du Laboratoire d'Economie et

de Management de Nantes-Atlantique (LEMNA) où il a animé une équipe de recherche en logistique de septembre 2013 à juin 2019. Il s'intéresse dans ses recherches aux dimensions logistiques et informationnelles des échanges inter-entreprises aux niveaux national et international. Ses travaux actuels portent sur la digitalisation et la transformation digitale des *supply chains*.



SAMY SOUAK

Samy SOUAK est diplômé de l'Ecole d'économie de la Sorbonne (Université Paris 1 Panthéon Sorbonne). Après une première expérience de Supply Chain Data Business

Analyst au sein du groupe Renault, il a rejoint L'Oréal Luxe France où il occupe depuis septembre 2022 le poste de Business Coordinator.



SONIA MAHJOUR

Sonia Mahjoub est Maître de conférences en logistique et génie industriel à ONIRIS Nantes et membre du Laboratoire d'Economie et de Management de Nantes-Atlantique (LEMNA). Ses recherches portent sur la conception et la digitalisation des chaînes logistiques. Ses travaux sont publiés dans des revues académiques internationales telles que *International Journal of Production Economics* (IJPE), *International Journal of Production Research* (IJPR), *Computers & Industrial Engineering* (CAIE) et *Supply Chain Forum: An International Journal* (SCFIJ).

¹ *Hicham Abbad*, Département MLT, IUT de Saint-Nazaire, 8 rue Michel Ange - BP 420 - 44606 Saint-Nazaire, hicham.abbad@univ-nantes.fr
 <https://orcid.org/0009-0007-2637-2506>

² *Samy Souak*, L'Oréal Luxe France, samy.souak@loreal.com

³ *Sonia Mahjoub*, Département MSC, Oniris Nantes, Rue de la Géraudière, CS 82225, 44322 Nantes, sonia.mahjoub@oniris-nantes.fr
 <https://orcid.org/0000-0001-6030-0038>