

## Drones et intelligence artificielle au service de la compétitivité des opérations portuaires : décryptage d'une « mission impossible »

Marie-Pascale Senkel<sup>1</sup> , François Jan<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Nantes Université, France, [marie-pascale.senkel@univ-nantes.fr](mailto:marie-pascale.senkel@univ-nantes.fr)

<sup>2</sup>PASCA, France, [francois.jan@pasca.fr](mailto:francois.jan@pasca.fr).

**Résumé** : Dans un contexte de mondialisation où près de 80 % du commerce mondial transite par voie maritime, les ports occupent une place stratégique dans les chaînes logistiques. Confrontés à une croissance des volumes, à la congestion et aux pressions environnementales, ils cherchent des solutions innovantes pour améliorer leur performance. L'association des drones et de l'intelligence artificielle (IA) offre un potentiel considérable pour optimiser la surveillance, la planification et la gestion en temps réel des opérations portuaires. Toutefois, l'adoption de cette combinaison technologique demeure complexe. En mobilisant le cadre conceptuel TOE (Technologie – Organisation – Environnement) de Tornatzky et Fleischer (1990), cette recherche analyse les freins à son intégration à partir d'une revue de littérature et d'une étude de cas dans une entreprise de manutention portuaire. Les résultats soulignent l'importance du soutien managérial et des conditions organisationnelles dans le succès des innovations, au-delà de l'acceptation technologique individuelle.

**Mots clés** : Drone ; Opérations portuaires ; modèle TOE.

## Drones and artificial intelligence serving the competitiveness of port operations : decoding an impossible mission

**Abstract** : In a globalized context where nearly 80% of world trade is carried by sea, ports play a strategic role in global supply chains. Faced with growing cargo volumes, congestion, and environmental pressures, they are seeking innovative solutions to enhance their performance. The combination of drones and artificial intelligence (AI) offers considerable potential to optimize the monitoring, planning, and real-time management of port operations. However, adopting this technological duo remains complex. Using the TOE conceptual framework (Technology – Organization – Environment) developed by Tornatzky and Fleischer (1990), this research analyses the barriers to its integration based on a literature review and a case study conducted in a port handling company. The findings highlight the importance of managerial support and organizational conditions in the successful implementation of innovations, beyond the sole question of individual technological acceptance.

**Keywords**: Drone ; Port operations, TOE model.

**Citation**: SENKEL, M.-P., & JAN, F., (2026), Drones et intelligence artificielle au service de la compétitivité des opérations portuaires : décryptage d'une mission impossible. *Revue Française de Gestion Industrielle*, 40(1), 49-68.

<https://doi.org/10.53102/2026.40.01.1279>

**Historique** : reçu le 21/11/2025, accepté le 01/04/2026, en ligne le 02/04/2026

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

Dans un monde globalisé, les ports jouent un rôle central dans les chaînes logistiques mondiales, assurant l'acheminement de près de 80 % du commerce mondial. Ces infrastructures stratégiques doivent faire face à des défis croissants : augmentation des volumes de marchandises, congestion, pression environnementale et exigences de compétitivité accrue. Ces défis poussent les gestionnaires portuaires à rechercher des solutions innovantes pour optimiser les opérations.

Parmi les technologies émergentes, les drones associés à de l'intelligence artificielle (IA) apparaissent comme des outils prometteurs pour transformer certaines opérations et processus portuaires. Ces technologies offrent de nombreuses possibilités et révolutionnent les capacités d'analyse prédictive, de planification et de gestion en temps réel des flux logistiques portuaires.

Cependant, malgré l'essor des recherches sur la digitalisation des ports et l'automatisation des opérations, peu d'études se sont intéressées à la l'adoption des drones associés à l'IA pour la gestion des flux logistiques portuaires. De plus, les travaux existants traitent rarement de manière intégrée les dimensions technologiques, organisationnelles et environnementales influençant cette adoption, créant une lacune importante dans la compréhension des défis et leviers de la transformation portuaire. Cet article vise à, combler cette lacune en mobilisant le cadre conceptuel TOE (technologie – organisation – environnement) développé par Tornatzky et Fleischer (1990) pour analyser et comprendre les freins et leviers à l'œuvre dans l'adoption de cette innovation. L'étude contribue à la littérature sur la digitalisation portuaire en mobilisant une étude de cas et offre des pistes pratiques pour les gestionnaires portuaires..

Dans un premier temps, nous examinerons l'utilisation des drones dans la chaîne logistique à

partir d'une revue de littérature. Ensuite, nous attacherons à décrire le modèle TOE et son utilisation dans les recherches sur les innovations technologiques dans la chaîne logistique. Enfin, après avoir décrit l'étude de cas d'une entreprise de manutention portuaire, nous discuterons des freins à l'adoption de la nouvelle technologie dans ce contexte particulier.

### 1. L'UTILISATION DES DRONES DANS LA CHAÎNE LOGISTIQUE

Dans ce paragraphe nous définirons dans un premier temps notre champ d'étude puis nous proposerons une synthèse de l'utilisation des drones dans la chaîne logistique à partir d'une revue de la littérature, avant de voir quels défis restent à relever.

#### 1.1 Définitions du champ d'étude

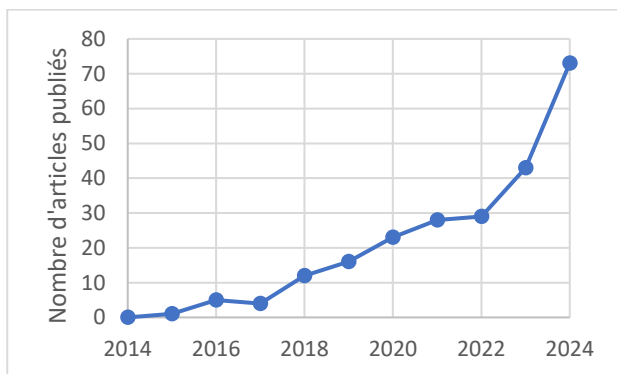
Le concept d'avion sans pilote remonte à la fin du dix-neuvième siècle. Il s'agit d'abord d'une invention militaire et le terme « drone » a, dans un premier temps, désigné uniquement des objets volants. Même s'il s'applique aujourd'hui aussi à des systèmes terrestres ou maritimes, nous n'évoquerons dans cet article que les objets décrits en anglais sous le terme de « unmanned aircraft system » (UAS) ou « remotely piloted aircraft system » (RPAS), souvent aussi de « unmanned aircraft vehicle » (UAV).

En droit français et notamment selon le code de l'aviation civile un drone est défini comme un aéronef sans équipage à bord, exploité de manière autonome ou télécommandée, qui peut être utilisé à des fins récréatives ou professionnelles. L'utilisation professionnelle des drones touche de nombreux secteurs d'activités (agriculture, surveillance, photographie, humanitaire, logistique...). Selon un rapport du sénat<sup>1</sup> « *le nombre de drones sur le territoire national est passé de 400 000 en 2017 à 2,5 millions aujourd'hui (...) et cette tendance n'est pas près de s'arrêter, compte tenu de la rapidité des évolutions technologiques*

<sup>1</sup> Rapport d'information n° 711 (2020-2021), déposé le 23 juin 2021, « se préparer à la guerre des drones : un enjeu stratégique ».

dans ce domaine. On s'attend ainsi à une explosion du recours aux drones civils dans les années à venir dans les domaines de la logistique (Amazon envisage de les utiliser pour ses livraisons), de la mobilité urbaine (taxis), la surveillance de sites et d'emprises, voire d'approvisionnement d'urgence et de gestion des crises...». Rejeb et al. (2023) mentionnent un rapport publié par MarketsandMarkets qui estime que le marché des drones pour la logistique et le transport pourrait atteindre 29 milliards de dollars d'ici 2027. De grandes entreprises multinationales ont engagé des recherches et fait des tests pour utiliser cette technologie dans les activités logistiques et notamment pour la livraison du dernier kilomètre (Amazon, DHL..).

Une recherche, dans la base de données Scopus, à partir des mots clés « drone » ou « UAV » et « logistics » ou « supply chain » ou « deliver\* » dans le titre des articles (en restreignant la recherche aux domaines suivants : social sciences, business management and accounting, environmental sciences) permet de mettre en évidence un intérêt croissant, dans la recherche académique pour ce sujet sur la période 2014-2024 (Graphique 1). Nous recensons, à partir de cette base de données, 236 articles.



*Graphique 1 : Nombre d'articles traitant de l'utilisation des drones dans la chaîne logistique entre 2014 et 2024*

## 1.2 État de l'art

### 1.2.1 L'utilisation des drones dans la chaîne logistique

Nous mettons en évidence six thématiques principales dans les sujets traités par ces publications :

#### **Livraisons du dernier kilomètre et optimisation des opérations de livraison :**

Les applications de drones pour la livraison du "dernier kilomètre" sont largement développées (Colojanni et al. 2023 ; Jazairy et al. 2024 ; McKinnon 2016 ; Müller et al. 2019 ; Lemardelé et al. 2021 ; Santiago-Montana et al. 2024 ; Toroman et Öz 2023). Plusieurs articles abordent la planification des itinéraires pour les livraisons par drones seuls (Huang et al. 2024 ; Murray & Chu 2015) ou en tandem avec des camions (Carlson et al., 2018 ; Das et al., 2021 ; Kim et al. 2023 ; Ndiaye et al. 2024). D'autres articles interrogent les livraisons collaboratives et participatives avec des drones (Behroozi & Ma, 2020). Les modèles d'optimisation incluent des aspects comme la synchronisation (Cui et al. 2024 ; Das et al., 2021), la gestion des contraintes de temps (Deng et al., 2024), l'optimisation des coûts (Farrag et al., 2024) ou la consommation énergétique (Arrigoni et al., 2024).

**Perceptions et acceptation des drones :** De nombreux travaux étudient les perceptions et l'acceptation face à l'utilisation des drones que ce soit du point de vue du citoyen (Fasterholdt et al. 2023 ; Melo et al. 2023 ; Smith et al. 2022), des salariés (Ali et al. 2024 ; Mahroof et al. 2024 ; Malang et al., 2023) ou des consommateurs (Niu et al., 2024).

**Logistique humanitaire et santé :** Les drones sont étudiés comme des solutions logistiques dans des contextes humanitaires (Zhang et al., 2023), comme le transport de fournitures médicales en zones reculées (Burchardt et al., 2023) ou en cas de catastrophes naturelles (Aretoulaki et al. 2023 ; Ghelichi et al. 2022 ; Estrada et al. 2019). Des recherches analysent leur efficacité pour l'acheminement d'échantillons médicaux (Comtet et al. 2022 ; Molinari et al. 2024 ; Stierlin et al. 2024 ;) ou de vaccins (Haidari et al. 2016 ; Kremer et

al. 2023), montrant l'importance des drones dans les chaînes logistiques humanitaires et médicales.

**Durabilité et impact environnemental** : Plusieurs études se concentrent sur l'impact environnemental des drones dans les opérations logistiques (Mahroof et al. 2021 ; Mahroof et al. 2024 ; Santiago-Montana et al. 2024), notamment l'efficacité énergétique (Arrigoni et al., 2024). Certaines recherches visent à évaluer les effets de la logistique par drones sur la durabilité de la chaîne d'approvisionnement (Ferraro et al., 2024).

**Sécurité et risques** : La sécurité des réseaux de drones et les défis posés par l'intégration de ces appareils en particulier dans l'espace aérien urbain (Tadic et al., 2024), dans des environnements partagés (Zhong et al., 2022) ou complexes (Wang et al., 2023) sont également des sujets qui intéressent les chercheurs.

**Intégration technologique** : L'intégration des drones à d'autres technologies, telles que l'IoT, la blockchain, l'IA, est aussi abordée (Chen et al. 2024 ; Fernandès-Carames et al. 2019 ; Xia et al. 2023). L'intelligence artificielle, notamment l'apprentissage par renforcement et les réseaux neuronaux, est appliquée pour optimiser la navigation autonome des drones, en particulier dans des environnements urbains avec des obstacles (Wu et al., 2024).

Les drones ne sont pas seulement capables de diminuer les délais de livraisons, ils permettent d'améliorer la durabilité de la supply chain, d'optimiser la réalisation de certaines tâches, notamment en entrepôt et donc de contribuer à la diminution du coût total de la supply chain (Rejeb et al., 2023).

### 1.2.2 Les drones dans les activités maritimes et portuaires

Notre premier constat, en accord avec Vaneslander et al. (2024), est qu'« en dépit d'une littérature abondante sur l'innovation, peu d'études se sont penchées sur les projets d'innovation liés au secteur maritime et portuaire ». Wang et al. (2023) dressent une cartographie des usages des drones dans ce secteur que nous pouvons synthétiser à partir de 3 mots-clés :

-Surveiller afin d'assurer la sécurité maritime, portuaire mais aussi environnementale

-Inspecter les infrastructures et les navires

-Faciliter les échanges (livraisons, communication...).

Teegen et al. (2024) ajoutent à cette cartographie ce qu'ils qualifient de « nouvelle application » l'utilisation des drones associés à l'intelligence artificielle et au deep learning pour identifier automatiquement les containers dans les ports intérieurs. A partir d'images aériennes, le modèle détecte et répertorie les unités logistiques permettant ainsi d'automatiser les processus portuaires et d'offrir une meilleure visibilité opérationnelle.

Il reste cependant de nombreux défis à relever avant d'aboutir à un déploiement à grande échelle des drones dans les activités de la chaîne logistique (Sah et al., 2020). Des défis technologiques, organisationnels, d'acceptation par les salariés et enfin des défis réglementaires sont à considérer (Rejeb et al., 2023). Ils sont synthétisés dans le Tableau 1.

**Tableau 1 : Les défis à relever pour un déploiement massif des drones dans la chaîne logistique**

Défis technologiques	Capacité de charge utile et endurance de vol limitées Épuisement rapide de la batterie Résistance limitée aux conditions météorologiques Problèmes d'interférence et de collision Problèmes de confidentialité et de sécurité
Défis organisationnels	Des investissements coûteux dans l'infrastructure d'appui Manque de capacités organisationnelles, de compétences et d'expérience dans l'utilisation des drones Augmentation de la pression et du stress sur les opérateurs logistiques Des problèmes de durabilité tels que la congestion aérienne, le bruit, la pollution et les émissions de CO2
Défis liés à l'acceptation	Risques de collision et de panne

	Blessures, accidents et décès liés aux opérations Espionnage et attaques terroristes
Défis réglementaires	Absence de soutien réglementaire et de normes industrielles Incertitude et obstacles réglementaires Absence de réglementation applicable aux petits drones

Source : d'après Rejeb et al. (2023)

Parmi les pistes de recherche futures, Rejeb et al. (2023) mentionnent la nécessité de mener des études de cas permettant de comprendre les facteurs de réussite ou d'échec de la mise en œuvre des drones au sein des organisations. Magahzei et al. (2022) explorent l'adoption de la technologie des drones dans les opérations industrielles, en se concentrant sur trois études de cas menées entre 2016 et 2021 (une étude exploratoire ; une étude de cas chez Geberit qui porte sur des projets pilotes d'inspections visuelles et thermiques à l'aide de drones ; une étude chez IKEA portant sur l'adoption de drones dans les opérations de l'entrepôt). Les auteurs cherchent à comprendre les facteurs influençant l'adoption des drones et les défis auxquels sont confrontées les entreprises pour intégrer cette technologie à leurs activités. L'étude met en évidence que malgré l'engouement initial suscité par la technologie, il est difficile d'établir une analyse de rentabilité solide en faveur de son adoption. Les préoccupations concernent la sécurité, la confidentialité et l'intégration des drones aux systèmes existants. En réponse à Vaneslander et al. (2025), l'étude de cas dans le secteur maritime et portuaire permet de combler un manque de la littérature.

Rejeb et al. (2023) militent également pour le développement d'études utilisant des théories qui expliquent l'utilisation des drones, telles que le modèle d'acceptation de la technologie (TAM), la théorie unifiée de l'acceptation et de l'utilisation de la technologie (UTAUT) et le cadre technologie-organisation-environnement (TOE).

## 2. COMPRENDRE L'ACCEPTATION DES NOUVELLES TECHNOLOGIES (NT)

Dans ce paragraphe, nous souhaitons dans un premier temps resituer les différents niveaux de l'acceptation d'une technologie et les modèles permettant cette analyse, avant de nous consacrer à la présentation du modèle TOE et dans un dernier point et son utilisation pour comprendre l'acceptation des NT dans la chaîne logistique.

### 2.1 Les différents niveaux d'analyse de l'acceptation d'une NT

Comprendre l'acceptation d'une nouvelle technologie est un sujet qui intéresse les chercheurs depuis de nombreuses années (Cupido & Jokonya, 2023) et de multiples théories ont été développées pour comprendre la relation entre technologie et acceptation. Les modèles les plus fréquemment cités sont les suivants :

- **TAM** (technology acceptance model) initialement proposé par Davis (1993) et développé ensuite Venkatesh et Bala (2008),
- **TPB** (theory of planned behaviour) de Ajzen (1985),
- **DOI** (diffusion of innovation) de Rogers (2003),
- **TOE** (technology organization environment) de Tornatzky et Fleischer (1990).

Devant la surabondance de modèles, Venkatesh et al. (2003) proposent un modèle unifié, UTAUT (unified theory of acceptance and use of technology), qui lie les différentes perceptions sur l'acceptation de l'utilisateur et l'innovation.

Baker (2011) rappelle que si ces théories nous aident à comprendre l'acceptation des technologies, elles offrent des perspectives différentes. Ainsi, TOE et DOI sont axées sur l'entreprise, les modèles UTAUT, TPB et TAM sont davantage centrés sur l'individu.

### 2.2 Le modèle TOE

Le modèle Technology-Organization-Environment (TOE), développé par Tornatzky et Fleischer (1990), est un cadre conceptuel qui explique les facteurs influençant l'adoption et la mise en œuvre des innovations technologiques dans les organisations. Le cadre TOE identifie trois dimensions contextuelles principales — la technologie,

l'organisation, et l'environnement — qui jouent un rôle déterminant dans le processus décisionnel des entreprises en matière d'adoption technologique.

### *2.2.1 La dimension « technologie »*

La dimension technologique couvre à la fois les technologies internes déjà en place dans l'organisation et les technologies externes disponibles sur le marché. Elle comprend :

**Les caractéristiques des technologies internes :** Ce sont les technologies actuellement utilisées par l'organisation, qui définissent souvent les possibilités et les limites des innovations potentielles. Par exemple, les systèmes d'information et infrastructures existants peuvent influencer la compatibilité ou la faisabilité de nouvelles technologies.

**Les technologies disponibles :** Ce sont les technologies qui existent en dehors de l'organisation et qui sont accessibles pour adoption. L'analyse inclut des considérations sur la complexité de la technologie, ses avantages perçus, sa compatibilité avec les systèmes actuels, ainsi que les coûts d'intégration.

**Le type d'innovation technologique :** Le TOE distingue entre les innovations incrémentales (modifications mineures), les innovations synthétiques (combinaisons de technologies existantes), et les innovations radicales ou discontinues, qui bouleversent l'existant. Ces types influencent le niveau de risque perçu et la probabilité d'adoption dans une organisation.

### *2.2.2 La dimension « organisation »*

La dimension organisationnelle examine les caractéristiques de l'organisation susceptibles d'influencer son adoption technologique. Elle comprend :

**Les ressources et capacités organisationnelles :** La taille de l'organisation, ses ressources financières, et ses compétences techniques jouent un rôle majeur. Les grandes entreprises ont souvent plus de ressources pour expérimenter des technologies, tandis que les petites entreprises peuvent être limitées par leurs budgets.

**La structure organisationnelle :** Une organisation centralisée et hiérarchisée peut rencontrer plus de

difficultés dans le processus d'adoption, car les processus décisionnels y sont plus rigides. À l'inverse, les organisations décentralisées ou plus organiques, qui favorisent la flexibilité et la communication transversale, peuvent s'adapter plus facilement aux innovations.

**Le processus de communication et soutien de la direction :** La communication interne et le leadership sont essentiels pour le succès d'une nouvelle technologie. Les équipes multidisciplinaires, le soutien des cadres supérieurs, et la présence de « champions » de l'innovation, qui facilitent l'acceptation, sont des facteurs propices.

**Les ressources humaines et la culture d'innovation :** Le niveau de formation et de qualification des employés, ainsi que la culture d'innovation au sein de l'entreprise, influencent aussi l'adoption. Une main-d'œuvre qualifiée et une culture organisationnelle favorable à l'innovation facilitent l'intégration de nouvelles technologies.

### *2.2.3 La dimension « environnement »*

L'environnement externe comprend les forces extérieures qui influencent les décisions des organisations. Ces éléments incluent :

**Les pressions de l'industrie et la concurrence :** La dynamique concurrentielle pousse souvent les entreprises à adopter de nouvelles technologies pour maintenir ou améliorer leur position sur le marché. Des environnements hautement concurrentiels encouragent des décisions plus rapides pour éviter un désavantage stratégique.

**La réglementation et les normes :** Les lois, réglementations et politiques gouvernementales jouent un rôle déterminant. Par exemple, des exigences légales peuvent forcer l'adoption de certaines technologies (comme des normes de cybersécurité dans certaines industries). Les normes industrielles et les régulations influencent souvent les choix technologiques des entreprises.

**Les infrastructures de soutien technologique :** L'infrastructure disponible (comme les fournisseurs de services technologiques, les consultants, et les ressources locales) facilite ou contraint l'adoption des technologies. La disponibilité de consultants et de partenaires fiables peut diminuer les obstacles liés à la complexité technique ou à l'intégration.

**Les pressions institutionnelles** : La théorie institutionnelle s'ajoute parfois au modèle TOE pour analyser les pressions mimétiques (imiter les leaders de l'industrie), coercitives (imposées par des clients ou des régulateurs), et normatives (influencées par les valeurs ou normes de l'industrie) qui poussent les entreprises à adopter certaines technologies.

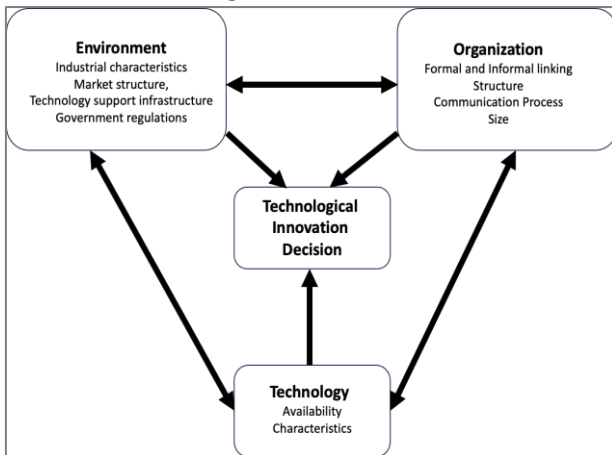
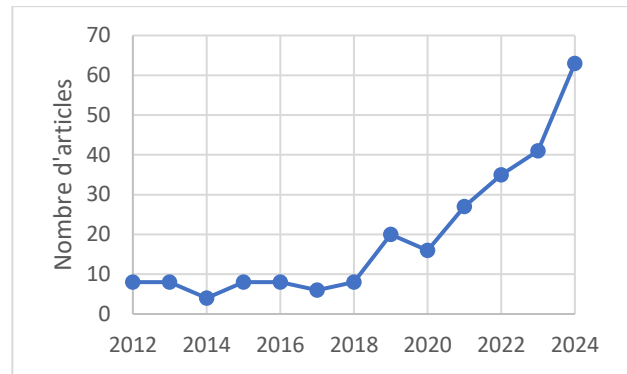


Figure 1 : Le modèle TOE développé par Tornatzky et Fleischer (1990)

### 2.3 Une revue de littérature liant TOE et Innovation dans la supply chain

Nous avons effectué une recherche dans la base de Scopus avec les mots clés « TOE » « supply chain » ou « logistics ». Nous aboutissons à 229 articles. Nous notons à partir de 2018 une forte augmentation du recours à ce modèle. Elle pourrait correspondre au besoin de comprendre l'adoption des technologies (automatisation, robotisation, numérisation) qui prennent une importance croissante dans la chaîne logistique ces dernières années.



Graphique 2 : Nombre de publications recourant au modèle TOE

Nous avons retenu 25 articles, ceux avec le nombre le plus important de citations dans Scopus (supérieur ou égal à 50) à la date de l'analyse. Nous notons que le cadre TOE est utilisé pour étudier une grande variété d'innovations technologiques, même si la blockchain y tient une place prépondérante (voir le Tableau 2).

Tableau 2 : Type d'innovation étudié dans les publications sélectionnées

Technologies	Nombre d'articles
Blockchain	10
RFID	3
Social media	2
E-commerce/e-collaboration	2
Green SC	1
Drones	1
Big data (analytics)	1
Business intelligence	1
Cloud computing	1
IoT	1
Smart contract	1
Artificial Intelligence	1

Les études empiriques montrent que le modèle TOE est robuste pour examiner l'adoption technologique dans différents pays (Chine, Malaisie, Royaume-Uni, Taïwan...) et dans différentes industries (industrie manufacturière, e-commerce, industrie de l'habillement, secteur agricole...).

L'un des atouts du modèle TOE est sa flexibilité : les chercheurs peuvent adapter les facteurs spécifiques de chaque dimension (technologique, organisationnelle, environnementale) en fonction du type de technologie étudiée et du contexte de l'organisation. En contrepartie, l'un des principaux

inconvenients du modèle réside justement dans la multiplicité et la diversité des facteurs potentiels qui peuvent être intégrés dans chacune des trois dimensions. Cette richesse conceptuelle, si elle permet d'adapter le cadre à différents contextes, rend également son opérationnalisation complexe et peut conduire à une dispersion des résultats empiriques. En effet, les études mobilisant le TOE n'identifient pas toujours les mêmes déterminants, ce qui complique la comparaison et la généralisation des conclusions. Ainsi le soutien du top management a parfois un effet positif sur l'adoption de la NT (Kumar et al. 2021 ; Mahroof, 2019 ; Nath et al. 2022 ; Sila 2013 ; ) mais son impact peut aussi ne pas être validé (Orji et al. 2020a ; Stjepić et al.2021 ; Wong et al., 2020). Mahroof (2019) est le seul à retenir la pression syndicale dans les facteurs environnementaux. Afin de nous aider dans notre analyse, nous avons recensé pour chaque étude les facteurs retenus dans chaque dimension du modèle ayant une influence confirmée (positive ou négative) sur l'adoption de la technologie. Nous avons ôté les facteurs en double, fusionné les facteurs équivalents afin d'aboutir pour chaque dimension à une liste de facteurs guidant notre analyse.

Nous présentons à suivre dans des tableaux de synthèse les résultats pour chaque dimension du modèle (tableaux 3, 4 et 5).

**Tableau 3 : Principaux facteurs technologiques issus des recherches antérieures**

Facteur	Description
Compatibilité / Interopérabilité	La compatibilité/interopérabilité entre la NT et les systèmes existants favorise l'adoption de la technologie (Chen et al. 2015 ; Ghobakhloo et al. 2011 ; Kumar et al. 2021 ; Lin et al. 2016 ; Nath et al. 2022 ; Shi & Yan 2016 ; Stjepić et al. 2021 ; Wang et al. 2010). Certaines études ne valident cependant pas ce lien (Chittipaka et al. 2023 ; Badi et al. 2021 ; Gutierrez et al. 2015 ; Mahroof 2019)
Complexité	Plus une technologie est perçue comme complexe plus son adoption est freinée (Badi et al. 2021 ; Gutierrez et al. 2015 ; Kumar et al. 2021 ; Lin et al. 2016 ; Shi & Yan 2016 ; Wang et al. 2010 ; Wong et al. 2020). Ce facteur peut être marginal comme pour Gökalp et al. (2020), où il est classé 12 <sup>ème</sup> sur 14 facteurs ou encore le lien non démontré (Wei et al. 2015)
Avantage perçu	La perception d'un bénéfice ou d'une supériorité par rapport aux solutions actuelles stimule l'adoption (Chittipaka et al. 2023 ; Chen et al. 2015 ; Ghobakhloo et al. 2011 ; Gökalp et al. 2020 ; Kumar et al. 2021 ; Nath et al. 2022). Le lien positif peut aussi ne pas être validé (Badi et al. 2021 ; Gutierrez et al. 2015 Wang et al. 2010 ; Wei et al. 2015 ;)
Sécurité / Confiance	Les garanties de sécurité et la confiance dans la technologie favorisent son adoption (Chittipaka et al. 2023 ; Nath et al. 2022. ; Orj et al. 2020b ; Sawanspori et al. 2025) mais n'ai classé que 14 <sup>ème</sup> facteur sur 14 par Gökalp et al. (2020) voire le lien n'est pas validé chez Sila (2013).
Infrastructure technologique/ Maturité de la technologie	L'existence de base techniques, la disponibilité de ressources IT ou la maturité de la technologie facilitent son adoption (Kouhizadeh et al. 2020 ; Kumar et al. 2021 ; Mahroof 2019)
Coût	Le coût de la NT est un frein à son adoption (Lin et al. 2016 ; Shi et Yan 2016). Pour certains auteurs le lien n'est pas démontré (Ghobakhloo et al. 2011. ; Sila 2013). Ce facteur est parfois classé dans la dimension Organisation (Ali et al. 2024 ; Kumar et al. 2021 ; Orji et al. 2020a ; Wong et al. 2020).

**Tableau 4 : Principaux facteurs organisationnels issus des recherches antérieures**

Facteur	Description
Soutien hiérarchique	Le soutien de la direction ou du top management est un facilitateur de l'adoption d'une NT (Badi et al. 2016 ; Chittipaka et al. 2023 ; Kouhizadeh et al. 2020 ; Kumar et al. 2021 ; Lin et al. 2016 ; Mahroof 2019 ; Nath et al. 2022 ; Sila 2013 ; Shi & Yan 2016 ; Suwanspori et al. 2025) mais pour Orji et al. (2020b) ce facteur n'arrive qu'à la 8 <sup>ème</sup> place sur 16 et à la 8 <sup>ème</sup> place sur 9 pour Ali et al. (2024). Certaines études ne mettent pas en évidence de lien entre ce facteur et l'adoption d'une NT (Gutierrez et al. 2015 ; Stjepić et al. 2021 ; Wang et al. 2010 ; Wong et al. 2020).
Ressources/co mpétences IT	La présence de personnel qualifié et de capacités internes facilite l'adoption de la NT (Chittipaka et al. 2023 ; Kouhizadeh et al. 2020 ; Lin et al. 2016 ; Mahroof 2019 ; Orji et al. 2020a ; Shi & Yan 2016 ; Wei et al. 2015)
Préparation organisationnelle	Elle permet à l'entreprise d'absorber et d'intégrer une NT (Cao et al. 2018 ; Chen et al. 2015 ; Gutierrez et al. 2015 ; Lanzini et al. 2021 ; Stjepić et al. 2021 ; Suwanposri et al. 2025) même si Badi et al. (2021) ne mettent pas en évidence de lien positif.
Taille de l'entreprise	Elle a un impact sur l'adoption d'une NT (Gökalp et al. 2020 ; Orji et al. 2020a ; Shi & Yan 2016 ; Wang et al. 2010). Mais ce lien peut aussi ne pas être démontré (Chittipaka et al. 2023 ; Ghobakhloo et al. 2011 ; Gutierrez et al. 2015)
Culture de l'innovation/c ollaboration	Elle favorise l'adoption d'une NT (Ghobakhloo et al. 2011 ; Hwang et al. 2016 ; Nath et al. 2022 ; Orji et al. 2020a et 2020b)
Conduite du changement	Elle est nécessaire à l'adoption d'une NT (Mahroof 2019). Lin et al. (2016) ainsi que Shi & Yan (2016) étudient la résistance au changement des salariés.

**Tableau 5 : Principaux facteurs environnementaux issus des recherches antérieures**

Facteur	Description
Pression concurrentielle/pression des parties prenantes	Elle est liée positivement à l'adoption d'une NT (Ali et al. 2024 ; Badi et al. 2021 ; Chen et al. 2015 ; Chittipaka et al. 2023 ; Ghobakhloo et al. 2011 ; Gökalp et al. 2020 ; Gutierrez et al. 2015 ; Kouhizadeh et al. 2020 ; Lin et al. 2016 ; Mahroof 2019 ; Orji et al. 2020a ; Shi & Yan 2016 ; Sila 2013 ; Stjepić et al. 2021 ; Suwanspori et al. 2025 ; Wang et al. 2010 ; Wong et al. 2020)
Soutien gouvernemental/cadre réglementaire	L'appui gouvernemental favorise l'adoption d'une NT (Ali et al. 2024 ; Chittipaka et al. 2023 ; Gökalp et al. 2020 ; Lin et al. 2016 ; Orji et al. 2020a et 2020b ; Shi & Yan 2016 ; Suwanspori et al. 2025 ;). Certaines études ne valident cependant pas ce lien (Badi et al. 2021 ; Kumar et al. 2021 ; Nath et al. 2022 ; Wei et al. 2015)
Incertitude	La turbulence des marchés a une influence négative sur l'adoption d'une NT (Orji et al. 2020a ; Wei et al. 2015)
Support du fournisseur NT	Le support et la compétence du fournisseur de la solution technologique a un impact positif sur son adoption (Ghobakhloo et al. 2011 ; Kumar et al. 2021 ; Lanzini et al. 2021 ; Stjepić et al. 2021)

Une large majorité des études est quantitative. A partir d'enquêtes, les auteurs cherchent à mettre en évidence quels sont les facteurs facilitant ou inhibant l'adoption d'une technologie. La liste initiale est souvent élaborée en amont grâce à une revue de littérature et/ou par le biais d'entretiens avec des experts. Certains auteurs comme Mahroof (2019) ou Rahman et Ratnawati (2021) adoptent une méthodologie qualitative et notamment l'étude de cas pour mettre en évidence les moteurs et les freins à l'adoption d'une technologie.

Le modèle TOE est reconnu pour permettre la combinaison avec d'autres cadres théoriques. Mahroof (2019) combine les propositions de Tornatzky et Fleischer (1990) et de Iacovou et al. (1995). Il analyse ainsi l'adoption de l'IA en entrepôt en tenant compte des dimensions liées au contexte technologique, organisationnel, à l'environnement de l'entreprise mais aussi aux avantages perçus de la technologie. Notons que certaines études intègrent les avantages perçus dans les facteurs technologiques (Cao et al. 2018 ; Chen et al. 2015 ; Lin et al. 2016 ; Orji et al. 2020 a & b) et n'en font pas une catégorie particulière.

Kouhizadeh et al. (2020) combinent le cadre TOE avec la théorie des parties prenantes. Le succès à long terme d'une entreprise dépend de sa capacité à satisfaire les besoins de ses différentes parties prenantes. Pour ces auteurs, les différentes parties prenantes percevront différemment les facteurs technologiques, organisationnels et environnementaux. Rehmann et al. (2022) mobilisent la théorie des ressources (resource-based view). La RBV souligne l'importance des ressources et des capacités stratégiques au sein d'une organisation. Ce cadre postule que les variations des performances organisationnelles sont largement dues aux ressources et capacités uniques que possèdent les entreprises. Oliveira et al. (2019) intègrent au cadre TOE et la théorie institutionnelle pour décrire plus précisément le contexte environnemental permettant de comprendre l'adoption du mode SaaS<sup>2</sup>. Ils vont ainsi rechercher les pressions normatives, mimétiques ou coercives qui peuvent influencer l'adoption du mode SaaS mais aussi comment le contexte environnemental peut influencer les contextes organisationnel et technologique. Même si le modèle de base de Tornatzky et Fleischer (1990) formalise les liens entre les trois facteurs, peu d'études s'intéressent aux interactions entre ceux-ci (Hwang et al., 2016). Les études utilisant le modèle TOE traitent souvent les trois dimensions (technologie, organisation, environnement) de manière indépendante, sans

explorer leurs interactions. Or, ces dimensions sont souvent liées.

Bien que le cadre TOE soit largement utilisé, certaines critiques existent. Le modèle est jugé générique (Prakash, 2025), car les facteurs des trois dimensions doivent souvent être précisés en fonction des spécificités de chaque technologie étudiée, ce qui limite les comparaisons entre études.

### **3. LE CONTEXTE DE LA RECHERCHE**

A partir d'une étude de cas, comme ont pu le proposer Mahroof (2019) ou Rahman et Ratnawati (2021), nous cherchons à mettre en évidence les freins qui ont conduit à la non-adoption d'une technologie Drone associé à une IA dans une entreprise de manutention portuaire.

#### **3.1 Le contexte socio-économique**

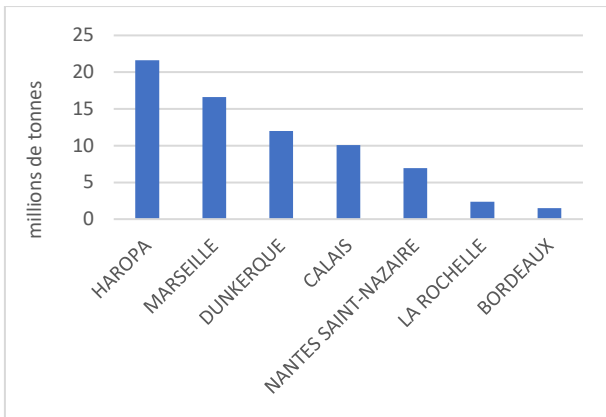
La manutention portuaire en France est un secteur clé du commerce international, jouant un rôle central dans l'économie du pays. Elle englobe toutes les opérations de chargement, déchargement, stockage, et transfert des marchandises au sein des ports maritimes. En France, ce secteur est structuré autour de quelques grands ports stratégiques (Fedi, 2023) et fait face à des défis spécifiques en termes de compétitivité, de modernisation technologique et de transition écologique (Kerbiriou et al., 2025).

À l'échelle européenne, les ports français occupent une place importante mais restent derrière les grands hubs du Nord (Rotterdam, Antwerp-Bruges, Hambourg) et certains ports méditerranéens (Valence, Gioia Tauro). Le port du Havre (HAROPA Port), premier port à conteneurs français (voir le Graphique 3) se situe généralement autour de la 6<sup>e</sup>-7<sup>e</sup> place européenne avec un trafic de près de 3 millions de conteneurs équivalents vingt-pieds (EVP). Marseille-Fos se distingue davantage par le volume de vrac (pétrole et produits énergétiques), figurant parmi les premiers ports méditerranéens pour ce type de trafic. Ainsi, la France dispose de ports maritimes de premier plan, mais leur poids relatif reste inférieur à celui des grands ports

---

<sup>2</sup> Software as a service

d'Europe du Nord, qui concentrent une part significative des échanges mondiaux (Lissilour et Bonet Fernandez, 2022). Les ports français traitent chaque année plusieurs millions de tonnes de marchandises (cargaisons en vrac, conteneurs, produits énergétiques, etc.).



Source : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>

*Graphique 3 : Trafic des ports français métropolitains (1er trimestre 2024)*

Le secteur génère de nombreux emplois directs (grutiers, dockers, agents logistiques) et indirects dans les industries connexes (transport, entreposage, etc.), renforçant ainsi son impact économique.

En France, les ports sont principalement administrés par des "Grands Ports Maritimes" (GPM), des établissements publics à caractère industriel et commercial, placés sous la tutelle de l'État. Cette gestion publique permet de centraliser les décisions stratégiques, tout en intégrant les acteurs privés qui assurent les opérations de manutention. Les activités de manutention portuaire sont régies par des réglementations strictes, visant à garantir la sécurité des travailleurs, le respect des normes environnementales, et l'efficacité des opérations.

Depuis la réforme portuaire de 2008, les terminaux portuaires ont été partiellement privatisés, et les manutentionnaires privés se chargent désormais des opérations de manipulation et de stockage. Cette libéralisation a eu pour objectif de renforcer la

compétitivité des ports français, notamment face aux grands ports du nord de l'Europe (Rotterdam, Anvers, Hambourg).

Le secteur de la manutention portuaire est en transformation rapide sous l'effet de la numérisation et de l'automatisation. Les ports français investissent dans des solutions technologiques avancées, comme les systèmes de gestion automatisée des conteneurs, la traçabilité numérique, et les grues automatisées. L'usage des nouvelles technologies vise à accroître la productivité, à améliorer la sécurité, et à réduire les délais d'attente, ce qui est crucial pour attirer davantage de trafic maritime.

En 2011, la société ABC<sup>3</sup> est créée dans l'ouest de la France. Elle est filiale de deux acteurs majeurs du transport maritime. Elle devient concessionnaire et opérateur unique d'un terminal régional de vrac et de marchandises conteneurisées. La concession porte sur un périmètre de 58 hectares de terre-pleins de stockage et sur une période de 35 ans. L'entreprise ABC gère notamment l'intégralité des escales des porte-conteneurs entrant ou sortant du port.

### 3.2 Le contexte académique

En 2020, un projet de recherche est signé entre ABC, un laboratoire universitaire de recherche et une entreprise privée développant des drones autonomes équipés d'une intelligence artificielle (IA). L'objectif de la recherche est double. Il s'agit de proposer l'utilisation d'un drone autonome et sécurisé embarquant une IA pour assurer le suivi en temps réel du positionnement et de l'état des containers afin d'automatiser l'inventaire et de l'interfacer avec le système de gestion utilisé par ABC, tout en respectant des contraintes de sécurité fortes car le site est localisé sur un territoire à forte densité d'activités industrielles et logistiques soumises à des contraintes réglementaires spécifiques. Avant l'introduction du drone, le suivi et la traçabilité des containers sont effectués de façon manuelle par du personnel qui sillonne les allées plusieurs fois par jour afin de noter les

<sup>3</sup> Le nom de l'entreprise a été anonymisé

emplacements et relever les températures sur les containers frigorifiques, ce qui représentent au minimum deux heures de travail d'un opérateur par jour.

Le second objectif consiste dans la réflexion sur la création des conditions d'acceptation du nouvel outil en comprenant quels facteurs pourraient favoriser l'acceptabilité de la solution automatisée par les salariés d'ABC. Nous sommes ici dans le cas d'une innovation radicale pour laquelle il a été démontré que le risque perçu peut avoir une influence sur la probabilité d'adoption.

### *3.2.1 Le déroulement prévisionnel du projet de recherche*

Le projet a été scindé en différents modules ou work packages (WP), qui sont décrits ci-dessous :

- WP0 : Coordination du projet ;
- WP1 : Etat de l'art scientifique et technologique sur le drone et sur l'intelligence artificielle ;
- WP2 : Définition des exigences de performances ;
- WP3 : Définition des stratégies d'apprentissage de l'IA et architecture technique ;
- WP4 : Intégration technique du démonstrateur et tests fonctionnels ;
- WP5 : Programme d'étude de l'acceptation de la solution ;
- WP6 : Application de la preuve en fonction avancée.
- Comme évoqué précédemment, il y a deux dimensions à ce projet. Une première dimension est technique et technologique (WP1 à 4 et WP6), la seconde vise la compréhension des facteurs facilitant l'acceptation de la nouvelle technologie (WP5).

Ce WP5 a été construit, en trois phases :

- Une revue de la littérature sur l'acceptation des technologies permettant l'élaboration de deux guides d'entretien à destination du personnel travaillant sur le site. Ce premier guide d'entretien vise à caractériser le rapport à la nouvelle technologie en amont de sa mise en œuvre (acceptabilité de la technologie). Le second a pour ambition de

caractériser les facteurs favorisant, dans ce contexte, l'acceptation de la technologie.

- Une première phase d'entretiens est prévue en amont de l'implémentation du drone suivie du traitement des données recueillies.
- Une seconde phase d'entretiens pendant les phases de test et d'implantation du drone, suivi du traitement des données recueillies.

Nous avons eu deux séries de trois entretiens, en phase de construction du projet et en phase de lancement du WP5 avec les deux directeurs généraux de site qui se sont succédé, le directeur Logistique et Sûreté et enfin avec le responsable de l'activité Conteneurs. Chaque entretien s'est déroulé sur le site de ABC et a duré entre 1h et 1h30. Les verbatims de ces entretiens ont permis une analyse thématique du contenu au regard des catégories du modèles TOE. Le codage a été réalisé par le premier auteur et confirmé par le second.

Le projet a pu se dérouler conformément au planning prévisionnel jusqu'à la date à laquelle nous avons commencé à solliciter ABC pour des rendez-vous avec les salariés. Nous n'avons pas pu avoir accès au terrain de recherche ni pour tester la technologie, ni pour l'implanter ni pour mettre en œuvre le programme de recherche permettant de travailler sur son acceptabilité. Comme le rappelle Baker (2011) en amont de l'acceptabilité et de l'acceptation par les utilisateurs, c'est bien le sujet de l'acceptation par l'entreprise que nous devons comprendre. Le modèle de Tornatzky et Fleischer (1990) nous offre un cadre structuré pour mettre en évidence les freins qui ont conduit à la non-implantation du nouvel outil chez ABC.

### **3.3 Comprendre les causes amont de non acceptation**

Il s'agit, en prenant comme cadre d'analyse le modèle de Tornatzky et Fleischer (1990), de traiter le contenu des entretiens pour faire émerger, selon la proposition de Mahroof (2019), les barrières et les opportunités à la mise en place de drones chez ABC. Nous allons effectuer cette analyse dans la suite de cet article, en nous intéressant successivement à

chaque dimension du modèle (technologie, organisation, environnement).

### 3.3.1 La dimension « Technologie »

#### *Une technologie maîtrisée*

La technologie utilisée peut se résumer ainsi : le drone survole la zone en la quadrillant, il est équipé d'une caméra destinée à le localiser et à localiser les containers. Les données sont traitées en temps réel par l'IA embarquée qui isole les containers, les identifie en analysant leur tag (identification normée présente sur chaque container) puis associe l'identification aux coordonnées de positionnement. Ainsi les informations envoyées par le drone peuvent prendre la forme d'un fichier texte où chaque ligne correspond à une identification et est associée à des coordonnées X, Y, Z. Une technologie similaire est déployée chez Teengen et al. (2024).

Même si certains verrous technologiques devaient être levés, les WP 1, 2 et 3 avaient pu avancer et se dérouler selon les délais prévus pour mettre au point :

- Un drone autonome, tant du point de vue de la navigation (navigation basée sur la construction d'une cartographie à précision centimétrique) de que sa consommation d'énergie, résistant à des conditions météorologiques spécifiques (vent, pluie et surtout atmosphère saline), assurant une sûreté de fonctionnement tant du point de vue des données que des opérateurs présents sur le site. En outre, un système de géofencing (ou géorepérage) avait été développé pour s'assurer que le drone ne quitte pas une zone d'évolution strictement définie.
- Une IA associée permettant la reconnaissance optique des tags des containers, le positionnement dans l'espace des objets, la création et la mise à jour de la cartographie.

Il restait des points opérationnels à traiter comme celui de la localisation du drone et de sa base sur le site, la maintenance du système mais surtout le dialogue et l'interfaçage entre les données recueillies et le système informatique utilisé par ABC pour la gestion de ses containers. Aucun de ces points dont la compatibilité avec le système informatique de ABC ne présente de difficultés

technologiques susceptibles de constituer une barrière à l'implantation de la NT.

#### *Le coût*

Le programme d'étude fait l'objet d'un financement public qui couvre les frais de développement du drone et de l'IA associée ainsi que l'étude de l'acceptabilité/acceptation de la nouvelle technologie. Le coût ne constitue donc pas pour l'entreprise ABC une barrière à l'implantation de la NT.

#### *Avantages perçus*

Les avantages en termes de réduction du temps de collecte des données sur la localisation des containers et de fiabilisation des données dans le système informatique sont indéniables et tout à fait reconnu par l'encadrement de l'entreprise ABC. Ces avantages perçus sont confirmés par Teengen et al. (2024).

### 3.3.2 La dimension « Organisation »

#### *Manque de soutien du top management*

Entre la phase de construction du projet et celle de son lancement, le directeur général de ABC change. Le projet était porté principalement par lui. Nous constaterons au fil des mois qu'il était uniquement porté par lui. Nous n'avons pas réussi à savoir s'il n'y avait pas eu de concertation en amont avec les autres cadres dirigeants de l'entreprise et s'il avait donc eu la volonté de « forcer » sa mise en œuvre ou si le départ du directeur général avait permis aux opinions, qui n'étaient pas favorables au projet, de s'exprimer et de prendre « le pouvoir » (même si le nouveau directeur général affirmait aussi soutenir le projet). Le rôle joué par le « top management » dans l'adoption d'une nouvelle technologie est ambigu. Certaines études (voir le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) affirment son rôle majeur quand d'autres études ne le retiennent pas comme un facteur déterminant. Nous notons cependant que les études retenant son rôle prépondérant sont majoritaires dans notre revue de la littérature.

#### *Émergence de nombreuses craintes*

Le projet pouvait en effet venir menacer le fragile équilibre des relations entre l'encadrement et les opérateurs. Dès le début du projet, nous avons

largement été alertés sur le caractère très sensible de l'étude car nous devons interroger les dockers et grutiers intervenants sur le site (ou un échantillon car ce sont environ une centaine d'opérateurs qui sont présents sur le site, en dehors de l'encadrement). Que ce soit de la part des cadres dirigeants, comme de la part du management intermédiaire, les craintes étaient fortes quant à la réaction des opérateurs face à l'arrivée de cette technologie qui pouvait être perçue par eux comme intrusive, permettant de contrôler le travail effectué voire sa légalité. La presse s'est fait le relai de cas de condamnation de dockers pour des trafics (principalement de stupéfiants), que ce soit sur le port du Havre, de Fos/Marseille ou sur celui de Nantes/Saint-Nazaire. Nous avons ressenti dès les premières réunions une méfiance des encadrants face aux potentielles réactions des manutentionnaires portuaires lorsque le projet leur serait présenté.

Le projet venait également interroger des cadres, notamment intermédiaires, peu sensibles voire réfractaires aux innovations technologiques, craintifs face aux risques, notamment d'interfaçage avec l'outil de gestion mais aussi craintifs devant les modifications des procédures en œuvre, craintifs devant l'investissement en communication, en pédagogie, en formation... à développer au sein de l'organisation. Il était plus aisé de ne rien changer et de faire davantage valoir les risques que les opportunités du projet.

Les bénéfices perçus par le directeur général<sup>1</sup> étaient : l'amélioration de la performance de l'entreprise par une amélioration de la tâche de suivi des conteneurs, l'amélioration de la qualité de service par une fiabilisation des données sur le suivi des conteneurs. Ces bénéfices « affichés » (car perçus uniquement par ce cadre dirigeant) ont été balayés par les risques perçus par l'ensemble de l'encadrement : rupture du précaire équilibre relationnel avec les manutentionnaires et modifications organisationnelles.

### 3.3.3 La dimension « Environnement »

#### *Le monde des dockers et la pression syndicale*

Comme le rappelle Pigenet (2000), après la seconde guerre mondiale, la loi du 6 septembre 1947 visait à encadrer et stabiliser les conditions de travail des dockers dans un secteur caractérisé par une grande intermittence et précarité. Cette loi a introduit un statut particulier, répondant à deux enjeux majeurs :

- Dissocier intermittence et précarité : Reconnaître l'intermittence comme une caractéristique normale du métier tout en garantissant des droits sociaux (ex. indemnités de chômage partiel).
- Réorganiser les relations professionnelles : Introduire une régulation paritaire (employeurs, syndicats, administration publique) dans le cadre d'un secteur semi-public, où les ports étaient considérés comme des infrastructures stratégiques. La loi de 1947 a constitué un modèle structurant permettant d'améliorer les conditions de vie des dockers mais elle a également été critiquée pour son caractère rigide et ses privilèges perçus.

Les critiques ont aussi porté sur la puissance syndicale accrue. Les réformes portuaires ultérieures (de 1992 et 2008) ont progressivement modifié ce cadre en cherchant à réduire l'intermittence, à intégrer de nouveaux métiers, et à s'adapter à un contexte de modernisation et d'automatisation des ports. Cependant, cliché ou réalité, les dockers sont perçus comme constituant une « *micro-société, soudée et déterminée à préserver les avancées sociales qu'ils ont su arracher*<sup>4</sup> »

#### *Les nouvelles technologies dans le secteur portuaire*

Jeff Bezos avait annoncé, dès 2013, le développement de livraisons par drones chez Amazon. Certes, l'intensification attendue des livraisons de colis par drones n'a pas eu lieu mais leur déploiement, notamment dans le secteur portuaire, s'est accru avec des implémentations dans différents ports dont ceux de Singapour, Anvers, Rotterdam, Hambourg ou le Havre. Les drones sont utilisés pour assurer l'inspection des

---

<sup>4</sup><https://www.marianne.net/politique/les-dockers-la-puissance-du-port-du-havre-face-edouard-philippe>

infrastructures, la surveillance des sites et le contrôle des opérations, la gestion des postes d'amarrage, la détection des déversements d'hydrocarbures ou de déchets flottants, la livraison de colis, de documents, de matériel médical... à des navires. Ils peuvent être soutien en cas d'incidents et d'incendies. Nous retrouvons ces utilisations chez Wang et al. (2023).

Certes, dans la majorité des cas, ces utilisations n'étaient encore qu'à l'état d'ébauche lors du lancement de la recherche chez ABC. Cependant, le port de Rotterdam communiquait dès septembre 2020 sur une expérience de livraison d'un navire fluvial dans le port grâce à l'utilisation d'un drone<sup>5</sup>.

Le secteur portuaire français est marqué par plusieurs dimensions :

- Son importance stratégique n'est plus à démontrer dans l'organisation des chaînes logistiques nationales et internationales et contribue à leur performance,

- Une forte volonté de contribuer à la transition écologique, notamment par la décarbonation du transport maritime,

- Un investissement dans la transformation numérique pour améliorer la compétitivité des ports français face à leurs homologues européens (Rotterdam, Anvers, Hambourg...)

*Un soutien politique au développement des drones commerciaux*

Dès le début du projet, un soutien dans le développement de cette technologie est présent. En amont, au niveau national dès 2012, des règles de circulation des drones dans l'espace aérien sont formalisées. Depuis 2018, la communauté européenne réfléchit à la définition d'un cadre commun « U-space » permettant de sécuriser la circulation des drones. Ce cadre commun est entré en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2023.

Au niveau régional, la collectivité territoriale décide de soutenir et de financer le projet.

*Le soutien du fournisseur de la NT*

La société qui développe le drone et l'IA associée est une société reconnue pour son savoir-faire dans ce domaine. Initialement spécialisée dans l'inspection industrielle, l'entreprise a développé des solutions sur-mesure de drones et de robots pour l'inspection dans des secteurs sensibles comme le nucléaire, la défense ou l'industrie pétrolière et gazière

Malgré les difficultés rencontrées, le fournisseur de la solution technologique affiche une volonté de soutien sans faille, en rassurant notamment parce que les technologies proposées ont déjà été testées et implémentées dans d'autres secteurs, en garantissant la confidentialité des prises de vue, en étant force de proposition, allant même jusqu'à proposer de réorienter le projet vers une solution de surveillance anti-intrusion du site, pensant ainsi contre-carrer l'argument de la pression forte que pourrait exercer la communauté des dockers. La proposition qui dans un premier temps a été écoutée avec une oreille attentive fut finalement, elle aussi, refusée.

L'ensemble de ces éléments est synthétisé dans le Tableau 6 dans lequel nous n'avons pu renseigner aucune opportunité pour la dimension « Organisation ». Notre analyse montre le rôle majeur joué par le non-soutien de l'encadrement de ABC dans l'échec de l'implémentation du nouvel outil sur le site.

*Tableau 6 : Synthèse des opportunités et des freins à l'implantation d'un drone chez ABC*

	Technologie	Organisation	Environnement
Opportunités	Technologie disponible Avantages perçus Coûts d'intégration		Fournisseur Développement des technologies dans le secteur portuaire Cadre législatif
Barrières	Compatibilité Maintenance localisation du drone et de sa base	Encadrement frileux Organisation non préparée Culture de l'innovation faible (inexistante ?)	Dockers et pression syndicale

<sup>5</sup><https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/drone-delivers-package-inland-vessel-port-rotterdam>

#### 4. CONCLUSION

Notre article vise à comprendre les raisons expliquant l'échec à l'implantation d'une NT dans une entreprise de la manutention portuaire en mobilisant le modèle TOE. D'un point de vue académique, notre étude permet de satisfaire les propositions de Rejeb et al. (2023), en utilisant le cadre théorique de Tornatzky et Fleischer (1990) associé à une étude de cas et de démontrer que ce modèle est fécond dès lors qu'il s'agit de comprendre les mécanismes en œuvre au niveau de l'organisation (et non, comme c'est souvent le cas, au niveau individuel).

D'un point de vue managérial, notre étude met en évidence le rôle central du non-soutien de l'équipe encadrante dans l'échec de la mise en œuvre de la technologie. Ce résultat s'inscrit dans un contexte organisationnel marqué par une forte pression syndicale qui s'en être l'unique cause, contribue à limiter le développement d'une culture de l'innovation et à renforcer certaines formes de résistance au changement. Ainsi, la non-implémentation apparaît comme le produit d'une d'une configuration organisationnelle spécifique, combinant déficit de soutien managérial, tensions sociales et inertie des pratiques existantes.

Dans ce cadre l'implantation d'un outil tel qu'un drone associé à une IA ne peut relever d'une approche strictement technologique. Elle suppose au contraire une action managériale intégrée visant à (1) aligner les intérêts des différentes parties prenantes autour du projet, (2) structurer le pilotage du changement en intégrant communication, mobilisation et accompagnement des acteurs, (3) transformer les routines organisationnelles pour envisager un ancrage de la technologie.

#### 5. REFERENCES

Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In *Action control: From cognition to behavior* (pp. 11-39). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Ali, S. S., Khan, S., Fatma, N., Ozel, C., & Hussain, A. (2024). Utilisation of drones in achieving various applications in smart warehouse management.

*Benchmarking: An International Journal*, 31(3), 920-954. <https://doi.org/10.1108/BIJ-01-2023-0039>

Aretoulaki, E., Ponis, S. T., & Plakas, G. (2024). Requirements Engineering for a Drone-Enabled Integrated Humanitarian Logistics Platform. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(15). <https://doi.org/10.3390/app14156464>

Arrigoni, V., Attenni, G., Bartolini, N., & Finelli, M. (2024). Energy-aware UAV Parcel Delivery Assignment. *2024 7th International Balkan Conference on Communications and Networking (BalkanCom)*, 290-295. <https://doi.org/10.1109/BalkanCom61808.2024.10557193>

Badi, S., Ochieng, E., Nasaj, M., & Papadaki, M. (2021). Technological, organisational and environmental determinants of smart contracts adoption: UK construction sector viewpoint. *Construction Management and Economics*, 39(1), 36-54. <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1819549>

Baker, J. (2011). The technology–organization–environment framework. *Information Systems Theory: Explaining and Predicting Our Digital Society, Vol. 1*, 231-245.

Behroozi, M., & Ma, D. (2020). *Crowdsourced delivery with drones in last mile logistics*. 85. <https://doi.org/10.4230/OASlcs.ATMOS.2020.17>

Burchardt, M., & Umlauf, R. (2023). Dreams and realities of infrastructural leapfrogging: Airspace, drone corridors, and logistics in African healthcare. In *Making Spaces through Infrastructure: Visions, Technologies, and Tensions* (p. 221-239). <https://doi.org/10.1515/9783111191850-011>

Caldarelli, G., Zardini, A., & Rossignoli, C. (2021). Blockchain adoption in the fashion sustainable supply chain: Pragmatically addressing barriers. *Journal of Organizational Change Management*, 34(2), 507-524. <https://doi.org/10.1108/JOCM-09-2020-0299>

Cao, Y., Ajjan, H., Hong, P., & Le, T. (2018). Using social media for competitive business outcomes: An empirical study of companies in China. *Journal of Advances in Management Research*, 15(2), 211-235. <https://doi.org/10.1108/JAMR-05-2017-0060>

Carlsson, J. G., & Song, S. (2018). Coordinated logistics with a truck and a drone. *Management Science*, 64(9), 4052-4069. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2017.2824>

Chen, C.-L., Deng, Y.-Y., Zhu, S., Tsaur, W.-J., & Weng, W. (2024). An IoT and blockchain based logistics application of UAV. *Multimedia Tools and Applications*, 83(1), 655-684. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15517-4>

- Chen, D. Q., Preston, D. S., & Swink, M. (2015). How the Use of Big Data Analytics Affects Value Creation in Supply Chain Management. *Journal of Management Information Systems*, 32(4), 4-39. <https://doi.org/10.1080/07421222.2015.1138364>
- Chittipaka, V., Kumar, S., Sivarajah, U., Bowden, J. L.-H., & Baral, M. M. (2023). Blockchain Technology for Supply Chains operating in emerging markets: An empirical examination of technology-organization-environment (TOE) framework. *Annals of Operations Research*, 327(1), 465-492. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04801-5>
- Colajanni, G., Daniele, P., & Nagurney, A. (2023). Centralized supply chain network optimization with UAV-based last mile deliveries. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104316>
- Comtet, H. E., Keitsch, M., & Johannessen, K.-A. (2022). Realities of Using Drones to Transport Laboratory Samples: Insights from Attended Routes in a Mixed-Methods Study. *Journal of Multidisciplinary Healthcare, Volume* 15, 1871-1885. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S371957>
- Cui, H., Li, K., Jia, S., & Meng, Q. (2024). Dynamic collaborative truck-drone delivery with en-route synchronization and random requests. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 192, 103802. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103802>
- Cupido, M., & Jokonya, O. (2024). Exploring the factors affecting the adoption of emerging technologies in warehouse management. *Procedia Computer Science*, 239, 1958-1965. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.380>
- Das, D. N., Sewani, R., Wang, J., & Tiwari, M. K. (2021). Synchronized Truck and Drone Routing in Package Delivery Logistics. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(9), 5772-5782. <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.2992549>
- Davis, F. D. (1993). User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International journal of man-machine studies*, 38(3), 475-487.
- Deng, Z., Wu, F., Xu, Y., Yang, D., & Xiao, L. (2024). Energy Minimization for Radio Map-based UAV Pickup and Delivery Logistics System. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/TVT.2024.3430320>
- Estrada, M. A. R., & Ndoma, A. (2019). *The uses of unmanned aerial vehicles -UAV's- (or drones) in social logistic: Natural disasters response and humanitarian relief aid.* 149, 375-383. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.151>
- Farrag, T. A., Askr, H., Elhosseini, M. A., Hassanien, A. E., & Farag, M. A. (2024). Intelligent Parcel Delivery Scheduling Using Truck-Drones to Cut down Time and Cost. *Drones*, 8(9), 477. <https://doi.org/10.3390/drones8090477>
- Fasterholdt, I., Knudsen, M. P., From, N., & Frederiksen, M. H. (2023). Future healthcare logistics: A survey of the public opinion on drones in Denmark. *Drone Systems and Applications*, 11, 1-8. <https://doi.org/10.1139/dsa-2022-0050>
- Fedi, L. (2023). Les ports en France : quelle stratégie portuaire pour un développement d'activité ? *Revue Française de Gestion Industrielle* ? 37 (1), 85-90. <https://doi.org/10.53102/2023.37.01.1166>
- Fernández-Caramés, T. M., Blanco-Novoa, O., Froiz-Míguez, I., & Fraga-Lamas, P. (2019). Towards an Autonomous Industry 4.0 Warehouse: A UAV and Blockchain-Based System for Inventory and Traceability Applications in Big Data-Driven Supply Chain Management. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 19(10). <https://doi.org/10.3390/s19102394>
- Ferraro, S., Leoni, L., Cantini, A., & De Carlo, F. (2024). *Analyzing Forklift and Drone Applications in Sustainable Logistics: A Bibliometric Review.* 58(19), 463-468. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.09.255>
- Ghelichi, Z., Gentili, M., & Mirchandani, P. B. (2022). Drone logistics for uncertain demand of disaster-impacted populations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103735>
- Ghobakhloo, M., Arias-Aranda, D., & Benitez-Amado, J. (2011). Adoption of e-commerce applications in SMEs. *Industrial Management & Data Systems*, 111(8), 1238-1269. <https://doi.org/10.1108/02635571111170785>
- Gökalp, E., Gökalp, M. O., & Çoban, S. (2022). Blockchain-Based Supply Chain Management: Understanding the Determinants of Adoption in the Context of Organizations. *Information Systems Management*, 39(2), 100-121. <https://doi.org/10.1080/10580530.2020.1812014>
- Gutierrez, A., Boukrami, E., & Lumsden, R. (2015). Technological, organisational and environmental factors influencing managers' decision to adopt cloud computing in the UK. *Journal of Enterprise Information Management*, 28(6), 788-807. <https://doi.org/10.1108/JEIM-01-2015-0001>
- Haidari, L. A., Brown, S. T., Ferguson, M., Bancroft, E., Spiker, M., Wilcox, A., Ambikapathi, R., Sampath, V., Connor, D. L., & Lee, B. Y. (2016). The economic and operational value of using drones to transport vaccines.

Vaccine, 34(34), 4062-4067.  
<https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.06.022>

Huang, X., & Wang, G. (2024). Optimization for total energy consumption of drone inspection based on distance-constrained capacitated vehicle routing problem : A study in wind farm. *Expert Systems with Applications*, 255, 124880.  
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124880>

Hwang, B.-N., Huang, C.-Y., & Wu, C.-H. (2016). A TOE Approach to Establish a Green Supply Chain Adoption Decision Model in the Semiconductor Industry. *Sustainability*, 8(2), 168.  
<https://doi.org/10.3390/su8020168>

Jazairy, A., Persson, E., Brho, M., von Haartman, R., & Hilletoft, P. (2024). Drones in last-mile delivery : A systematic literature review from a logistics management perspective. *International Journal of Logistics Management*. . <https://doi.org/10.1108/IJLM-04-2023-0149>

Kerbiriou, R., Bazille, A., & Alix, Y. (2025). Les ports territoriaux. : ambition-Action-Anticipation, Editions EMS, Collection Les Océanides, 375 pages.

Kim, D., Seong Ko, C., & Moon, I. (2023). Coordinated logistics with trucks and drones for premium delivery. *Transportmetrica A: Transport Science*. Scopus.  
<https://doi.org/10.1080/23249935.2023.2282963>

Kouhizadeh, M., Saberi, S., & Sarkis, J. (2021). Blockchain technology and the sustainable supply chain : Theoretically exploring adoption barriers. *International Journal of Production Economics*, 231, 107831.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107831>

Kremer, P., Haruna, F., Tuffour Sarpong, R., Agamah, D., Billy, J., Osei-Kwakye, K., Aidoo, P., Dodoo, D., & Okoh-Owusu, M. (2023). An impact assessment of the use of aerial logistics to improve access to vaccines in the Western-North Region of Ghana. *Vaccine*, 41(36), 5245-5252.  
<https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2023.06.036>

Kumar Bhardwaj, A., Garg, A., & Gajpal, Y. (2021). Determinants of Blockchain Technology Adoption in Supply Chains by Small and Medium Enterprises (SMEs) in India. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2021/5537395>

Lanzini, F., Ubacht, J., & De Greeff, J. (2021). Blockchain adoption factors for SMEs in supply chain management. *Journal of Supply Chain Management Science*. <https://doi.org/10.18757/JSCMS.2021.5624>

Lemardelé, C., Estrada, M., Pagès, L., & Bachofner, M. (2021). Potentialities of drones and ground autonomous delivery devices for last-mile logistics. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 149. . <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102325>

Lin, D., Lee, C. K. M., & Lin, K. (2016). Research on effect factors evaluation of internet of things (IOT) adoption in Chinese agricultural supply chain. *2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 612-615.  
<https://doi.org/10.1109/IEEM.2016.7797948>

Lissillour, R., & Bonet Fernandez, D. (2022), Sécurité des navire et gouvernance internationale : quel rôle pour les sociétés de classification ? Une approche selon Bourdieu. *Revue Française de Gestion Industrielle*. 36 (2), 29\_47. <https://doi.org/10.53102/2022.36.02.920>

Lu, L., Liang, C., Gu, D., Ma, Y., Xie, Y., & Zhao, S. (2021). What advantages of blockchain affect its adoption in the elderly care industry? A study based on the technology–organisation–environment framework. *Technology in Society*, 67, 101786.  
<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101786>

Maghazei, O., Lewis, M. A., & Netland, T. H. (2022). Emerging technologies and the use case : A multi-year study of drone adoption. *Journal of Operations Management*, 68(6-7), 560-591.  
<https://doi.org/10.1002/joom.1196>

Mahroof, K. (2019). A human-centric perspective exploring the readiness towards smart warehousing : The case of a large retail distribution warehouse. *International Journal of Information Management*, 45, 176-190.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.11.008>

Mahroof, K., Omar, A., Rana, N. P., Sivarajah, U., & Weerakkody, V. (2021). Drone as a Service (DaaS) in promoting cleaner agricultural production and Circular Economy for ethical Sustainable Supply Chain development. *Journal of Cleaner Production*, 287. . <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125522>

Mahroof, K., Omar, A., Vann Yaroson, E., Tenebe, S. A., Rana, N. P., Sivarajah, U., & Weerakkody, V. (2024). Evaluating the intention to use Industry 5.0 (I5.0) drones for cleaner production in Sustainable Food Supply Chains : An emerging economy context. *Supply Chain Management*, 29(3), 468-496. . <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2023-0045>

Malang, C., Charoenkwan, P., & Wudhikarn, R. (2023). Implementation and Critical Factors of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in Warehouse Management : A Systematic Literature Review. *Drones*, 7(2), 80.  
<https://doi.org/10.3390/drones7020080>

Mckinnon, A. C. (2016). The possible impact of 3D printing and drones on last-mile logistics : An exploratory study. *Built Environment*, 42(4), 617-629. . <https://doi.org/10.2148/benv.42.4.617>

Melo, S., Silva, F., Abbasi, M., Ahani, P., & Macedo, J. (2023). Public Acceptance of the Use of Drones in City

- Logistics : A Citizen-Centric Perspective. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15032621>
- Molinari, S., Tomasello, F., Capasso, P. J., & Dallau, A. (2024). Sustainable Urban Drone Operations : FF2020 view. *Journal of Physics: Conference Series*, 2716(1), 012061. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2716/1/012061>
- Müller, S., Rudolph, C., & Janke, C. (2019). *Drones for last mile logistics : Baloney or part of the solution?* 41, 73-87. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.09.017>
- Murray, C. C., & Chu, A. G. (2015). The flying sidekick traveling salesman problem : Optimization of drone-assisted parcel delivery. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 54, 86-109. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.03.005>
- Nath, S. D., Khayer, A., Majumder, J., & Barua, S. (2022). Factors affecting blockchain adoption in apparel supply chains : Does sustainability-oriented supplier development play a moderating role? *Industrial Management & Data Systems*, 122(5), 1183-1214. <https://doi.org/10.1108/IMDS-07-2021-0466>
- Ndiaye, M., Osman, A., Salhi, S., & Madani, B. (2024). The truck–drone routing optimization problem : Mathematical model and a VNS approach. *Optimization Letters*, 18(4), 1023-1052. <https://doi.org/10.1007/s11590-023-02056-y>
- Niu, B., Zhang, J., & Xie, F. (2024). Drone logistics' resilient development : Impacts of consumer choice, competition, and regulation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.104126>
- Orji, I. J., Kusi-Sarpong, S., Huang, S., & Vazquez-Brust, D. (2020a). Evaluating the factors that influence blockchain adoption in the freight logistics industry. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 141, 102025. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102025>
- Orji, I. J., Kusi-Sarpong, S., & Gupta, H. (2020b). The critical success factors of using social media for supply chain social sustainability in the freight logistics industry. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1522-1539. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1660829>
- Rahman, A., & Ratnawati, Y. (2022). Justifying enterprise resource planning (ERP) investment : A case study using technology, organization, and environment (TOE) framework. *Journal of Contemporary Accounting*, 130-138. <https://doi.org/10.20885/jca.vol3.iss3.art2>
- Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S. J., & Treiblmaier, H. (2023). Drones for supply chain management and logistics : A review and research agenda. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 26(6), 708-731. <https://doi.org/10.1080/13675567.2021.1981273>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations*, Toronto, Free Press, 551 pages.
- Sah, B., Gupta, R., & Bani-Hani, D. (2021). Analysis of barriers to implement drone logistics. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24(6), 531-550. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1782862>
- Santiago-Montaño, S., Silva, D. F., & Smith, A. E. (2024). Sustainable last mile logistics employing drones and e-bikes. *International Journal of Sustainable Transportation*. <https://doi.org/10.1080/15568318.2024.2419378>
- Shi, P., & Yan, B. (2016). Factors affecting RFID adoption in the agricultural product distribution industry : Empirical evidence from China. *SpringerPlus*, 5(1), 2029. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3708-x>
- Sila, I. (2013). Factors affecting the adoption of B2B e-commerce technologies. *Electronic Commerce Research*, 13(2), 199-236. <https://doi.org/10.1007/s10660-013-9110-7>
- Smith, A., Dickinson, J. E., Marsden, G., Cherrett, T., Oakey, A., & Grote, M. (2022). Public acceptance of the use of drones for logistics : The state of play and moving towards more informed debate. *Technology in Society*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101883>
- Stierlin, N., Risch, M., & Risch, L. (2024). Current Advancements in Drone Technology for Medical Sample Transportation. *Logistics*, 8(4), 104. <https://doi.org/10.3390/logistics8040104>
- Stjepić, A.-M., Pejić Bach, M., & Bosilj Vukšić, V. (2021). Exploring Risks in the Adoption of Business Intelligence in SMEs Using the TOE Framework. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(2), 58. <https://doi.org/10.3390/jrfm14020058>
- Tadić, S., Krstić, M., Veljović, M., Čokorilo, O., & Milovanović, M. (2024). Risk Analysis of the Use of Drones in City Logistics. *Mathematics*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/math12081250>
- Teegen, J., Kelm, A., Grasse, O., Hillemann, M., Gülsoylu, E., & Frintrop, S. (2024). Drone-based identification of containers and semi-trailers in inland ports. *EasyChair Preprint*, 14025.
- Toraman, Y., & Öz, T. (2023). The Use of New Technologies in Logistics : Drone (UAV) Use in Last Mile Delivery. *Sosyoekonomi*, 31(58), 105-124. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2023.04.05>
- Tornatzky, L. G., & Fleischer, M. (1990). *The processes of technological innovation*, Lexington Books.

Vaneslander, T., Sys, C., Lam, J.S.L., Ferrari, C., Rouboutsos, A., Acciaro, M., Macário, R. & Giuliano, G. (2024). Une typologie de l'innovation de service : cartographie des innovations liées au port. In *L'Intelligence portuaire : opération, innovation, projection*. Alix, Y., Cariou, P. & Paquin, J. (sous la direction), Éditions EMS, Collection Les Océanides, 171-196.

Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision sciences*, 39(2), 273-315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS quarterly*, 27(3), 425-478. <https://doi.org/10.2307/30036540>

Wang, J., Zhou, K., Xing, W., Li, H., & Yang, Z. (2023). Applications, evolutions, and challenges of drones in maritime transport. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(11), 2056. <https://doi.org/10.3390/jmse11112056>

Wang, Y.-M., Wang, Y.-S., & Yang, Y.-F. (2010). Understanding the determinants of RFID adoption in the manufacturing industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(5), 803-815. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.03.006>

Wei, J., Lowry, P. B., & Seedorf, S. (2015). The assimilation of RFID technology by Chinese companies : A technology diffusion perspective. *Information & Management*, 52(6), 628-642. <https://doi.org/10.1016/j.im.2015.05.001>

Wong, L.-W., Leong, L.-Y., Hew, J.-J., Tan, G. W.-H., & Ooi, K.-B. (2020). Time to seize the digital evolution : Adoption of blockchain in operations and supply chain management among Malaysian SMEs. *International Journal of Information Management*, 52, 101997. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.005>

Wu, J., Ye, Y., & Du, J. (2024). Multi-objective reinforcement learning for autonomous drone navigation in urban areas with wind zones. *Automation in Construction*, 158, 105253. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105253>

Xia, Y., Zeng, W., Xing, X., Zhan, Y., Tan, K. H., & Kumar, A. (2023). Joint optimisation of drone routing and battery wear for sustainable supply chain development : A mixed-integer programming model based on blockchain-enabled fleet sharing. *Annals of Operations Research*, 327(1), 89-127. . <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04459-5>

Zhang, H., Wang, F., Feng, D., Du, S., Zhong, G., Deng, C., & Zhou, J. (2023). A Logistics UAV Parcel-Receiving Station and Public Air-Route Planning Method Based on Bi-Layer Optimization. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(3). . <https://doi.org/10.3390/app13031842>

Zhong, G., Li, J., Zhang, X.-W., & Zhang, H.-H. (2022). A Risk Assessment Method of Logistics Drones on Ground. *Jiaotong Yunshu Xitong Gongcheng Yu Xinxijournal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 22(4), 246-254. . <https://doi.org/10.16097/j.cnki.1009-6744.2022.04.028>

## 6. BIOGRAPHIE



**Marie-Pascale Senkel** est maître de conférences en sciences de gestion à Nantes Université (IUT de Saint-Nazaire, département MLT) et membre du Laboratoire d'Économie et Management de Nantes Atlantique (LEMNA). Ses recherches s'inscrivent dans le champ des relations interorganisationnelles au sein de la chaîne logistique en mettant l'accent sur les apports des nouvelles technologies et les enjeux de la responsabilité sociale.



**François Jan** est titulaire d'un doctorat en sciences de gestion et Directeur du PASCA (Pôle Achat Supply Chain Atlantique), après une expérience riche au sein de groupes industriels. Ses travaux se concentrent sur le développement de la compétitivité industrielle et territoriale par le levier supply chain management en mobilisant à la fois les travaux issus des sciences de gestion et des sciences de l'ingénieur.

<sup>1</sup>Marie-Pascale Senkel, LEMNA, Nantes Université, [marie-pascale.senkel@univ-nantes.fr](mailto:marie-pascale.senkel@univ-nantes.fr),

 : <https://orcid.org/0009-0000-6571-0677>

<sup>2</sup>François Jan, PASCA, [francois.jan@pasca.fr](mailto:francois.jan@pasca.fr)