

INCIDENCE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET DU « CROSS DOCKING » SUR LE RESEAU ROUTIER DE DISTRIBUTION DES PRODUITS DE SANTE AU SENEGAL

IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND CROSS DOCKING ON THE HEALTH PRODUCTS DISTRIBUTION ROAD NETWORK IN SENEGAL

Faye D¹, Diaw IK², Dramé BM², Bassoum O³, Diop M¹, Fall ABK¹

1. *Laboratoire de Pharmacie galénique, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie, UCAD, Dakar*

2. *Africa Ressources Centre, Dakar*

3. *Service de Santé Publique, UCAD, Dakar*

Résumé

Introduction : Le but de l'étude était de décrire le réseau routier de distribution des produits de santé au Sénégal et de proposer des stratégies pour son amélioration par l'utilisation de cross docks et de l'intelligence artificielle.

Méthode : Il s'agit d'une étude rétro prospective, quantitative et qualitative menée en 2021. Des visites et entretiens ont été organisés dans sept régions pour collecter auprès des acteurs de la chaîne d'approvisionnement en produits de santé des informations sur le réseau routier. Aussi, des données de routine de la Pharmacie nationale d'Approvisionnement sur le réseau routier ont été analysées.

Résultats : Deux cents (200) itinéraires sont empruntés, 900 000 km de route parcourus chaque année (2021 comprise) pour une durée de 33000 heures et avec 2380 arrêts de nuit. Ces itinéraires pourraient être réduits de 27% par des plateformes « cross-dock » et objectivement par l'utilisation de l'intelligence artificielle.

Conclusion : La description du réseau routier de distribution des produits de santé a permis d'envisager des solutions pour son amélioration par « cross docking » et utilisation de l'intelligence artificielle.

Mots-clés : Intelligence artificielle ; Cross docking ; réseau routier ; produits de santé.

Summary

Introduction: The aim of the study was to describe the road network for the health products distribution in Senegal and to theorize strategies for its improvement through the use of cross docks and artificial intelligence.

Method : This is a retrospective, quantitative and qualitative study conducted in 2021. Visits and interviews were organized in seven regions to collect information on the road network from actors in the health product supply chain.

Results : Two hundred (200) routes are taken, 900,000 km of road covered each year (2021 included) for a duration of 33,000 hours and with 2,380 night stops. These routes could be reduced by 27% by cross-dock platforms and objectively by the use of artificial intelligence.

Conclusion : The description of the road network for the distribution of health products made it possible to consider solutions for its improvement by cross-docking and the use of artificial intelligence.

Keywords : Artificial intelligence ; cross-docking ; road network ; health products.

Correspondance : Djiby FAYE

Gestion des systèmes de santé /Laboratoire de Pharmacie galénique

Département des Sciences biologiques et pharmaceutiques appliquées, FMPO, UCAD, Dakar

Tél : +221 77 550 75 54 / +221 30 114 52 82

Email : djiby.faye@ucad.edu.sn

INTRODUCTION

Le traitement des maladies est fortement dépendant de la disponibilité des médicaments et autres produits de santé (produits essentiels, sang et dérivés, dispositifs médicaux etc.). Au sens de la loi sénégalaise relative aux médicaments, aux autres produits de santé et à la pharmacie, un produit de santé est un médicament, un dispositif médical ainsi que tout produit classé dans cette catégorie par arrêté du Ministre en charge de la santé.

À cet égard, le Sénégal a mis en œuvre un système de distribution au dernier kilomètre et de bout en bout pour assurer la distribution des produits de santé jusqu'aux points de prestations de soins de santé (PPS). La Pharmacie nationale d'Approvisionnement (PNA), la centrale publique sénégalaise d'achat, a pour mission de procéder aux achats et à la distribution des médicaments et produits essentiels aux Pharmacies régionales d'Approvisionnement (PRA), qui à leur tour distribuent aux districts sanitaires, puis ces derniers aux PPS (centres et postes de santé et autres structures assimilées).

La PNA est assistée dans cette chaîne d'approvisionnement en produits de santé (CAPS) par des prestataires logistiques 3PL (Third Party Logistique ou logistique tierce partie) pour assurer le transport routier et la collecte d'informations du district vers les PPS. Le réseau de distribution de la PNA vers les PRA et des PRA vers les districts est complété par un réseau mobile 3PL des districts vers les PPS. L'utilisation de

prestataires logistiques est une externalisation d'activités d'une entreprise [1].

La distribution classique (PNA>PRA>District>PPS), qui a précédé celle au dernier km avait déjà connu des difficultés. Les PPS dont la logistique était faible, connaissaient des pénuries de médicaments. Les PPS étaient responsables du transport de leurs produits de santé. Dans la nouvelle stratégie, la PNA amène le produit de santé jusque dans les PPS en louant les services d'un prestataire logistique.

Bien que cette stratégie de distribution au dernier km ait été mise en œuvre par la PNA, des ruptures de médicaments et autres produits de santé sont toujours constatées dans les PPS. Peu d'études ont évalué le réseau de distribution des médicaments et l'éventualité de son appui par l'IA et le cross docking.

La localisation des PPS est très déterminante pour l'accès aux soins, en particulier dans les zones rurales [2]. Le système d'approvisionnement et de distribution des produits de santé est complexe. Plusieurs acteurs interviennent dans la chaîne d'approvisionnement [3].

Le réseau routier de distribution actuel connaît des problèmes liés notamment à l'éloignement entre le magasin central de Dakar et le dernier km au niveau PPS. Des retards de livraison et des ruptures de stock sont notés. L'aménagement de cross docks pourrait raccourcir les distances. La distribution ne satisfait pas les extrêmes urgences dans les îles et les zones enclavées à

cause du mauvais état des routes. L'usage de l'intelligence artificielle dans le transport des produits de santé est un déterminant de la performance du système de distribution à explorer.

Le réseau routier pourrait être amélioré par un système de distribution "cross dock". Le cross docking est le transbordement des marchandises [4]. Les cross docks sont des dispositifs conçus pour permettre le transfert de stock d'un véhicule entrant plus grand à plusieurs véhicules plus petits assurant les itinéraires de livraison au dernier kilomètre. C'est une stratégie logistique permettant de minimiser les stockages à long terme [5]. Il peut s'agir d'un magasin intermédiaire de grande capacité, à partir duquel d'autres entrepôts sont approvisionnés. Ce schéma cross dock qui n'existe pas encore dans le système devrait permettre à une PRA d'approvisionner une autre PRA, à un district d'approvisionner un autre district et de briser ainsi les frontières administratives.

Aussi, l'optimisation de la CAPS serait possible grâce à l'introduction de l'intelligence artificielle. On peut définir l'intelligence artificielle comme un ensemble de techniques permettant aux machines, ordinateurs, d'imiter l'intelligence humaine (reconnaissance d'images, traduction de textes, conduite de voitures ou engins, pilotage d'un procédé industriel etc.) [6]. Elle permet à des machines d'accomplir des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau

(apprentissage perceptuel, organisation de la mémoire et le raisonnement critique) [7]. Il peut s'agir de livraison de colis par reconnaissance d'images [8]. Les biens physiques peuvent être reconnus, emballés, déplacés, entreposés, transportés et livrés par des robots intelligents. Ces dispositifs sont capables de répondre à une tâche donnée ; reconnaître une voiture, reconnaître des formes, des installations, des bâtiments etc. [9]. Ils sont capables d'agir automatiquement dans le but d'accomplir certaines tâches programmées par l'utilisateur [10]. Aussi, ce sont des outils capables de communication [11]. La voiture dotée d'une intelligence artificielle peut analyser son environnement et prendre les bonnes décisions au bon moment [12].

L'objectif général de ce travail était de décrire le réseau routier de distribution des produits de santé au Sénégal, afin de modéliser une stratégie cross dock et de se projeter vers l'utilisation de l'intelligence artificielle dans la chaîne d'approvisionnement en produits de santé.

Les objectifs spécifiques étaient de :

- tracer le circuit de distribution des produits de santé tout au long de la pyramide sanitaire ;
- identifier et localiser les dépôts de produits de santé sur l'étendue du territoire national ;
- représenter le réseau routier de distribution des produits de santé au Sénégal ;
- concevoir un schéma cross dock dans le réseau de distribution ;

- susciter la réflexion sur l'usage de l'intelligence artificielle en appui au réseau routier de distribution des produits de santé.

MATERIEL ET METHODE

Il s'agit d'une étude rétro prospective consistant à collecter des données de consommation, de demande, de distance, d'entrepôts et de véhicules au niveau de la PNA, des PRA, des districts et des PPS. Des entretiens semi-structurés ont été menés avec les acteurs clés de la chaîne d'approvisionnement (PNA, PRA, Districts et PPS) et avec les opérateurs logistiques privés 3PL ayant géré la distribution au dernier kilomètre. A travers ces entretiens et les déplacements sur le terrain, nous avons fait une cartographie des PPS, des PRA, des districts et leur emplacement géographique. En plus de la revue de la littérature, une revue documentaire portant notamment sur les manuels de procédures de la PNA, les données de routine agrégées et les rapports d'évaluation de la CAPS ont permis de comprendre le modèle opérationnel de distribution au dernier kilomètre et d'identifier les itinéraires du réseau routier.

Des visites et entretiens ont été organisés dans sept régions, à savoir Dakar, Thiès Saint-Louis, Kaffrine, Tambacounda, Kolda et Sédhiou pour comprendre les réalités de la distribution sur le terrain. La cartographie du réseau routier a concerné toutes les quatorze (14) régions du pays. Elle a été faite à partir des données d'évaluation de la CAPS et des données de routine de la Pharmacie nationale

d'Approvisionnement. Le choix de ces régions tenait compte de certaines évidences, notamment la répartition géographique, les flux de trésorerie et le ratio des ventes par rapport à la population. Au niveau régional, les activités ont concerné les PRA, les districts, les centres de santé et les postes de santé. Les hôpitaux se trouvent non loin des PRA, ils ne sont pas concernés par la stratégie de distribution au dernier kilomètre.

Le Sénégal compte 14 PRA (une PRA par Région), 79 districts sanitaires, 103 centres de Santé et 1415 postes de santé. Au niveau de chaque région, l'approche était basée sur un échantillonnage stratifié. Une sélection aléatoire au niveau des districts et des PPS a été adoptée. Au total, en sus de la PNA et de 05 PRA, 14 des 43 districts polarisés par les sept régions visées ont été visités dont au moins 01 district dans chaque région. Ces visites sont poursuivies dans 22 centres de santé et 07 postes de santé dont au moins 02 centres et 01 poste par région. Au total cinquante-trois (53) entretiens ont été menés. Aussi, trois réunions et un atelier ont été organisés à Dakar afin de faire une analyse descriptive du réseau de distribution des produits de santé. Quarante (40) acteurs de la CAPS ont pris part à ces audiences.

La stratégie cross dock a consisté à simuler une modélisation du réseau routier intégrant des magasins intermédiaires ou de gros camions. Des véhicules de poids inférieur prennent le relais pour livrer au dernier kilomètre. La stratégie réduirait le nombre de kilomètres à parcourir. Nous avons

Dakar Med. 2023;67(1)

suscité un transport intelligent par drones ou par véhicule en appui au réseau routier et au transport de petits colis vers les îles et les zones enclavées.

RESULTATS

Le circuit de distribution des produits de santé tout au long de la pyramide sanitaire est tracé (figure 1). Le magasin central de la PNA approvisionne les PRA qui à leur tour approvisionnent les dépôts des districts de leur périmètre. Les dépôts des districts assurent l'approvisionnement des dépôts des PPS (centres de Santé et Postes de Santé, dernier kilomètre de la distribution).

Les différents itinéraires de livraison via le réseau routier sont cartographiés : de la PNA aux PRA, des PRA aux districts et des districts aux PPS (figure 2). Deux réseaux routiers opérationnels existaient, dont un réseau mobile (District>3PL>PPS) et un réseau fixe (PNA>PRA>District). Les dépôts de district indiqués en vert sont fixes. Les dépôts mobiles sont indiqués en orange. Le réseau fixe est illustré par une ligne verte.

Dans cette distribution au dernier kilomètre, les deux réseaux fonctionnent mutuellement (figure 3). Les points de collecte (PPS) reçoivent des livraisons via le réseau mobile 3PL (opérateurs privés de transport). Les partenaires logistiques 3PL enlèvent les stocks depuis le district pour les acheminer vers les PPS. Les districts, emplacements de base sont représentés en noir par des nœuds reliés avec des lignes noires aux PPS représentés par les points.

Dans le réseau routier fixe (figure 4), le magasin central (PNA) approvisionne les PRA, qui, à leur tour, approvisionnent les dépôts de district. Les dépôts de district alimentent les points de collecte via les 3PL.

L'analyse du réseau de distribution au dernier kilomètre a donné 200 itinéraires empruntés, 900 000 km de route parcourus chaque année (2021 comprise) pour une durée de 33000 heures et avec 2380 arrêts de nuit. Avec la mise en place des cross docks, nous avons estimé le nombre d'itinéraires qui seraient supprimés du réseau routier à 54. Ces itinéraires pourraient donc être réduits de 27% par des plateformes « cross-dock » (Figure 6).

La modélisation de la livraison de certains produits médicaux par drone ou par véhicule intelligent est une opportunité d'amélioration de la gestion de la chaîne d'approvisionnement en produits de santé, en particulier dans les cas d'urgence, dans les livraisons vers les îles et zones difficiles d'accès. Les entretiens avec les acteurs ont fait ressortir l'engagement des autorités sanitaires sur le recours à cette technologie (figure 7). Les drones seraient équipés d'un système de reconnaissance des toits des entrepôts et des véhicules de cross dock pour les besoins de leur atterrissage.

DISCUSSION

Dans le modèle de distribution au dernier km, le plan mensuel de distribution du district est le document de référence pour la planification de

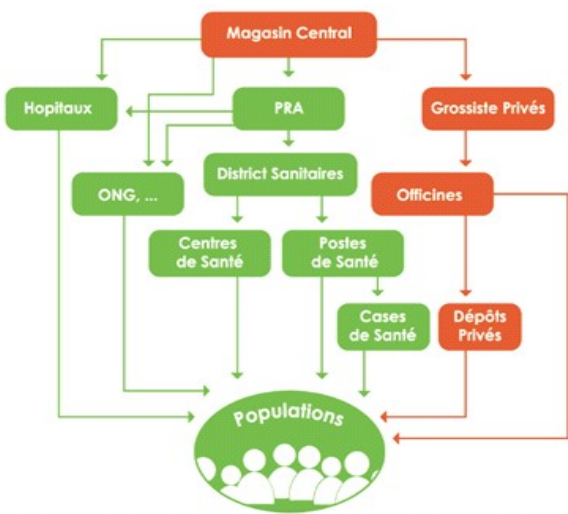


Figure 1 : Circuit de distribution des produits Pharmaceutiques. Source : www.sante.gouv.sn

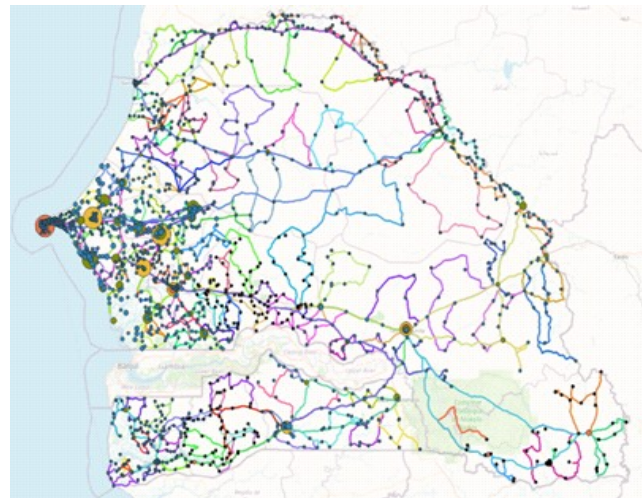


Figure 2 : Itinéraires de distribution des produits pharmaceutiques

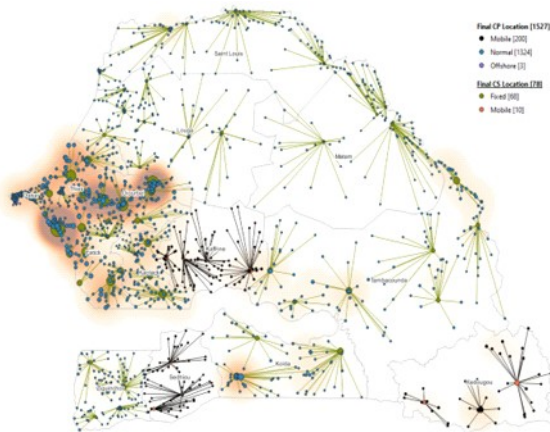


Figure 3 : Réseau routier mobile 3PL

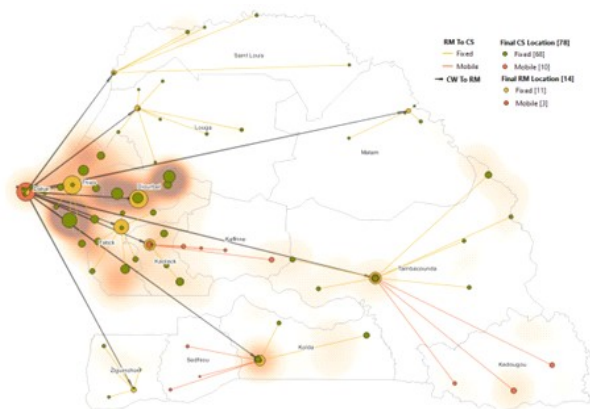


Figure 4 : Réseau routier normal

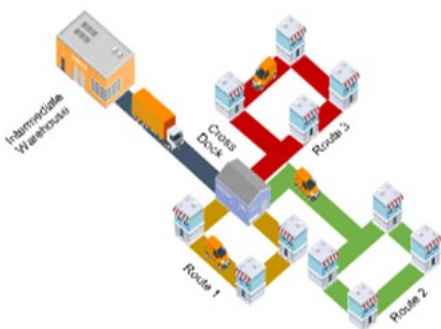


Figure 5 : Transport via un cross dock



Figure 5 : Transport via un cross dock
Source : www.sante.gouv.sn

l'approvisionnement des PPS par les districts via les 3PL. Il est validé et partagé avec les opérateurs privés en charge de son exécution. Avant la livraison les opérateurs font un inventaire des stocks des PPS, mettent à jour les outils de gestion et calculent les consommations moyennes mensuelles (CMM). Ainsi, Ils mettent à la disposition des PPS les produits pour avoir une couverture de trois (03) mois de stock. Les 3PL jouent un rôle important dans les opérations d'une chaîne d'approvisionnement moderne [13]. Dans le modèle classique qui n'intégrait pas une distribution au dernier kilomètre, les PPS estimaient leurs besoins et les envoyaient au district pour s'assurer de la disponibilité des produits. Si les produits sont disponibles, un devis était envoyé au PPS qui va établir le bon de commande, payer le montant de la commande et utiliser sa propre flotte de véhicule pour récupérer les produits achetés.

Pour le réseau routier fixe, les véhicules d'une capacité de 60m³ sont expédiés depuis l'entrepôt Central situé à Dakar et se rendent aux PRA. Une fois la livraison terminée, ces véhicules retournent au magasin central de Dakar.

Nous proposons un modèle de « cross-dock » sans stockage. Cette stratégie permet de dégager des gains financiers [14]. Ce modèle consiste à positionner des camions relayeurs au niveau de six PRA (Louga, Diourbel, Kaolack, Kaffrine, Tambacounda et Sédhiou). Ce qui permettra de désengorger les entrepôts de la PNA et réduire les arrêts de nuit. Le camion relayeur de Louga

va approvisionner la PRA de Saint-Louis, celui de Diourbel la PRA de Matam, celui de Kaolack la PRA de Kaffrine, celui de Kaffrine la PRA de Tambacounda, celui de Tambacounda la PRA de Kédougou et celui de Sédhiou les PRA de Ziguinchor et Kolda. Les PRA de Thiès et Fatick seront approvisionnées à partir du magasin central de Dakar. Ce modèle cross dock fait fi des niveaux (saut de niveaux) et de la hiérarchie administrative. Il permet à un district de s'approvisionner à partir d'un camion dont l'itinéraire passe par ce district. Ce qui réduirait les itinéraires de 27%. Le camion de la PNA qui part sur Fatick passe par les districts de Mbour et Thiadiaye qui sont administrativement approvisionnés à partir de la PRA de Thiès. Une fois le véhicule arrivé au Cross Dock, la charge est transférée sur des véhicules de poids inférieur pour livrer par exemple les districts de Mbour et Thiadiaye. Dans les zones où un district est plus proche de la PRA d'une région voisine les livraisons devraient s'effectuer à partir de cette PRA. Cette option permet de réduire les coûts de distribution en réduisant les distances parcourues lors des livraisons sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. Pour une meilleure efficacité, les entrepôts sont disposés de façon stratégique sur le territoire et aussi près que possible des consommateurs pour les rejoindre dans les meilleurs délais [15].

L'utilisation des moyens technologiques comme solution aux problèmes de transport des médicaments est à envisager. Certains systèmes

robotiques peuvent automatiser des opérations liées à l'emballage et à la distribution des médicaments. L'utilisation des drones est prometteuse, particulièrement dans les îles et les zones enclavées. Des solutions existent dans la fourniture de ces engins avec certains organes compétents comme la start-up américaine Zipline [16] ou Amazon, leader dans le transport par drone [17]. L'intégration du transport par drone intelligent dans la chaîne d'approvisionnement en produits de santé contribuerait à la résilience de la chaîne et augmenterait ainsi l'accès équitable aux médicaments. La livraison par drone est très appropriée pour le transport de produits légers et dépendant de la chaîne de froid. Le drone peut représenter une solution pour livrer des marchandises dans des zones isolées [18]. Cette technologie est déjà utilisée dans le transport de tests de VIH [19]. Les drones sont utilisés dans la logistique depuis près de 100 ans [20].

Limites de l'étude : tous les dépôts et PPS du Sénégal n'ont pas été visités. Les données de coût et les itinéraires précis de distribution via les cross docks et les véhicules intelligents n'ont pas été déterminés.

CONCLUSION

La description du réseau routier de distribution des produits de santé a permis d'envisager des solutions de son amélioration par cross docking et utilisation de l'intelligence artificielle.

REFERENCES

- 1. Meftah K, Lamgari S, Bertal S.** Les déterminants de l'externalisation logistique et le développement des plateformes logistiques : regards croisés sur la région de Casablanca-Settat, *Rev Int Sci Gest.* 2022;5(1):999-1019.
- 2. Dumoulin J.** Guide d'analyse économique du circuit du médicament. OMS. 2001.<http://apps.who.int/medicinedocs/en/d/Js5518f/>.
- 3. Barbereau S.** L'approvisionnement en médicaments dans les pays en voie de développement Il faut sauver les centrales d'achats publiques de médicaments en Afrique. *Méd Santé Trop.* 2013;23:251-255.
- 4. Witt CE.** Cross-Docking: A Proven Path for Profit. *Mat Handl Engin.* 1992;47(11):93-96.
- 5. Fabian A.** Cross-docking: current research versus industry practice and industry 4.0 adoption. Emerald Publishing Limited. 2022;28:69-104.
- 6. Alliot JM, Schiex T, Brisset P et al.** Intelligence artificielle & informatique théorique. Cepadues. 2002.
- 7. Coheris C.** Qu'est-ce que l'intelligence artificielle. 2019 ; <https://ia-data-analytics.fr>
- 8. Charlet J.** Intelligence artificielle et santé, Inserm. 2019 <https://dossier/intelligence-artificielle-et-sante>.
- 9. Debbah S.** Le modèle des parties-prenantes en intelligence artificielle. L'innovation par l'intelligence collective, *Rev Int Sci Gestion.* 2023;6(1):725-746.

- 10. Deveaux L, Paraschiv C.** Le rôle des agents intelligents sur l'Internet : révolution ou évolution commerciale, *Rev Fr Gestion*. 2004;154(5):7-34.
- 11. Durfee E, Lesser V, Corkill D.** Cooperation through communication in a distributed problem-solving network, In M. Huhn (Ed.), *Distributed artificial intelligence*, Los Altos, CA: Morgan Kaufman Publishers, Inc.1987;29-58
- 12. Emeline A, Erica D.** Étude des préconceptions de la voiture autonome en vue d'une éducation à la sécurité routière appropriée, *Éducation et didactique*. 2019 ; <https://journals.openedition.org> ›, éducation didactique.
- 13. Fulconis F, Hiesse V, Paché G.** The 3PL provider as catalyst of cooperative strategies-An exploratory study, *Supply Chain Forum*. 2011;12(2):58-69.
- 14. Whiteoak P.** Rethinking Efficient Replenishment in the Grocery Sector», in Fernie, J. Sparks, L. *Logistics and Retail Management*, Londres Kogan. 1999;110-140.
- 15. Abrams K.** Trends in last-mile delivery supply Chain Dive. 2017; <https://www.supplychaindive.com/news/last-mile-spotlight-trends-tech-gig-perfect/443091>
- 16. Dussault AM.** En pionnière, la Poste dévoile son drone livreur, *Le Temps*. 2017 ; [online]
- 17. Perlman D.** How many cardboard boxes does Amazon ship each day? 2016; LinkedIn, <https://www.linkedin.com/pulse/how-many-cardboard-boxes-does-amazon-ship-each-day-david-perlman>.
- 18. Shah S.** Lifeguard drone completes world-first ocean rescue, *Engadget* 2018;[online],<https://www.engadget.com/2018/01/18/little-ripper-lifeguard-drone-rescue>.
- 19. Hauchard A.** Au Malawi, des drones pour sauver la vie d'enfants atteints du sida.2017;http://www.lemonde.fr/afrique/article/2017/03/10/au-malawi-des-drones-pour-sauver-la-vie-d-enfants-atteints-du-sida_5092318_3212.html,
- 20. Preveraud JF.** Le drone a 100 ans. 2015 ; <https://www.industrie-techno.com/le-drone-a-100-ans.36883>.