

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

**ANALYSE DE L'IMPACT DE L'IMPLANTATION D'UN ERP SUR LA
PRODUCTIVITÉ DES PROCESSUS DE GESTION DES STOCKS ET DE
LOGISTIQUE DE LA VILLE DE TROIS-RIVIÈRES**

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA
MAÎTRISE EN INGÉNIERIE CONCENTRATION GÉNIE INDUSTRIEL**

**PAR
STÉPHANIE CARTIER**

MAI 2024

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire, de cette thèse ou de cet essai a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire, de sa thèse ou de son essai.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire, cette thèse ou cet essai. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire, de cette thèse et de son essai requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES
Maîtrise en ingénierie – Concentration génie industriel (M. SC.)

Direction de recherche :

Chantal Baril, directrice de recherche, ing. Ph.D., Génie industriel

Codirection de recherche :

Viviane Gascon, co-directrice de recherche, Management

Jury d'évaluation

Chantal Baril, directrice de recherche, ing. Ph.D., Génie industriel

Dominic Vadeboncoeur, Génie industriel

Amina Lamghari, Management

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers ma directrice de recherche, Madame Chantal Baril, pour sa contribution exceptionnelle à la réalisation de ce mémoire. Son soutien infaillible depuis plusieurs années, sa patience et sa volonté inébranlable de partager ses connaissances ont été des piliers sur lesquels je me suis appuyé tout au long de cette aventure. Son influence positive a été bien au-delà de mes attentes. Merci infiniment.

Je souhaite aussi remercier Viviane Gascon, co-directrice de recherche pour son soutien tout au long de la rédaction de ce mémoire. Sa contribution a été précieuse, et je suis reconnaissante de son implication dans ce projet.

Je tiens aussi à exprimer ma profonde reconnaissance à mes collègues de travail Roxanne Gendron et Camille Hamelin-Allard pour le soutien technique exceptionnel que vous avez apporté tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Vos encouragements et conseils ont été des éléments essentiels qui ont enrichi cette expérience académique. Chaque discussion et chaque moment d'échange ont contribué de manière significative à mon parcours de rédaction.

Pour terminer, je n'aurais pas pu embarquer dans ce projet sans avoir l'appui de mon employeur, la Ville de Trois-Rivières. Cette opportunité que vous m'avez accordée de mener un projet de recherche m'a permis de réaliser une expérience extrêmement motivante, et je suis reconnaissante de pouvoir contribuer à l'amélioration de notre lieu de travail. Votre soutien et votre ouverture à l'innovation ont grandement stimulé mon engagement. Je suis convaincue que les bénéfices de ce projet profiteront à l'ensemble de l'équipe, et je suis honorée de faire partie d'une entreprise qui encourage et soutient ses employés dans leur étude.

RÉSUMÉ

Cette recherche a pour objectif principal de mesurer l'impact de l'implantation d'un ERP sur la productivité des processus de gestion des stocks et de logistique dans la Ville de Trois-Rivières. Trois objectifs spécifiques sont énoncés dans le cadre de cette recherche. Le premier objectif porte sur l'utilisation de terminaux mobiles par les commis pour réduire le temps de service au client. Le deuxième évalue comment l'ajout d'un module de planification des opérations au sein du ERP peut optimiser le travail des commis. Enfin, le troisième objectif explore l'impact que l'introduction d'une caisse libre-service dans le magasin aura sur le taux d'utilisation des commis. La méthodologie utilisée pour valider les objectifs est de simuler des scénarios à l'aide du logiciel Simio. Des prises de données et des cartographies de processus ont alimenté le modèle de simulation. Trois scénarios sont étudiés. Le scénario 1 est sur l'implantation de terminaux mobiles au magasin. Les commis utilisent des terminaux mobiles pour effectuer des tâches quotidiennes, améliorant les temps de service comptoir, de réception du matériel, et de préparation de commandes. Une augmentation de la productivité de 13% pour les commis et une diminution du temps de service client d'environ 40% sont observées. Le scénario 2, porte sur l'ajout d'un module de planification des opérations. Un module de planification des opérations est intégré à l'ERP, réduisant les temps d'attente au comptoir, augmentant le nombre de préparations de commandes, et améliorant la productivité globale. Les temps de service sont réduits de 44%, offrant aux commis plus de temps pour des tâches à valeur ajoutée. Le scénario 3, quant à lui, est sur le fonctionnement par caisse libre-service. Le magasin fonctionne en mode libre-service, où les clients effectuent l'autocueillette et la saisie informatique. Cette approche réduit significativement le nombre de clients au comptoir, améliorant la productivité des commis logistiques et réduisant le temps de service client de 53%.

En conclusion, l'implantation d'un ERP, combinée à des stratégies telles que l'utilisation de terminaux mobiles, la planification des opérations, et le libre-service, augmente la

productivité de la gestion des stocks et de la logistique de la Ville de Trois-Rivières. Chaque scénario présente des avantages spécifiques. L'ensemble des scénarios atteint l'objectif d'augmenter la productivité du service de gestion des stocks et de logistique de la direction de l'approvisionnement.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	iv
RÉSUMÉ.....	v
TABLE DES MATIÈRES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX	x
LISTE DES FIGURES	xi
1 CHAPITRE 1 - CONTEXTE DE LA RECHERCHE.....	1
1.1 Contexte de la recherche (Ville de Trois-Rivières).....	1
1.2 Situation actuelle	3
1.3 Description de la problématique	5
1.4 Objectifs de la recherche	8
1.4.1 Les objectifs de la recherche.....	8
2 CHAPITRE 2 – REVUE DE LITTÉRATURE	10
2.1 Qu’est-ce qu’un ERP?.....	10
2.2 ERP dans le secteur public	11
2.3 Impact de l’implantation d’un ERP	13
2.4 Impact des technologies d’information et de communications.....	17
2.5 Impact des caisses libre-service sur la productivité.....	21
2.6 Conclusion.....	22
3 CHAPITRE 3 – MÉTHODOLOGIE	24
3.1 Cartographie des processus du service de la gestion des stocks et logistique.....	24
3.1.1 Service comptoir	24
3.1.2 Réception de matériel.....	25

3.1.3	Préparation de commandes.....	27
3.2	Études de temps	28
3.2.1	Service au comptoir	28
3.2.2	Réception de matériel.....	32
3.2.3	Préparation de commandes.....	35
4	CHAPITRE 4 – MODÈLE DE SIMULATION.....	37
4.1	Description du modèle.....	37
4.1.1	Intrants.....	37
4.1.2	Ressources	38
4.1.3	Les priorités.....	38
4.1.4	Service comptoir	39
4.1.5	Réception du matériel.....	40
4.1.6	Préparation de commandes.....	42
4.2	Vérification et validation du modèle	45
4.3	Simulation du modèle de base et résultats	47
4.4	Expérimentation et variables de recherche.....	48
5	CHAPITRE 5 – SCÉNARIOS ET RÉSULTATS	50
5.1	Scénario 1 : implantation de terminaux mobiles.....	50
5.1.1	Temps du service comptoir.....	50
5.1.2	Temps de la réception.....	51
5.1.3	Temps de préparation des commandes	52
5.2	Scénario 2 : Ajout d’un module intégré de planification des opérations	54
5.3	Scénario 3 : Fonctionnement par caisse libre-service	57

5.4	Résumé des résultats	60
5.4.1	Analyse des résultats des scénarios.....	61
6	CHAPITRE 6 – CONCLUSION	63
6.1	Synthèse de la recherche.....	63
6.2	Contributions de la recherche	63
6.3	Avenues futures de la recherche	64
7	LISTE DES RÉFÉRENCES.....	65
8	ANNEXES	67

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1: Type de service au comptoir et ratio	30
Tableau 3.2 : Résultats étude de temps service comptoir.....	31
Tableau 3.3: Statistiques réception	34
Tableau 3.4 : Résultats de l'étude de temps de réception du matériel.....	35
Tableau 3.5 : Résultats étude de temps sur la préparation de commandes	36
Tableau 4.1 Entités du modèle de simulation par processus	38
Tableau 4.2 Nombre d'entités créées théoriquement et expérimentalement.....	45
Tableau 4.3 Comparaison de l'étude de temps et du modèle de simulation.....	46
Tableau 4.4 Résultats simulés des taux d'utilisation des commis	47
Tableau 4.5 Résumé de la simulation de la situation actuelle.....	47
Tableau 5.1: Temps de service des comptoirs avant et après l'implantation d'un ERP	51
Tableau 5.2: Temps des réceptions avant et après l'implantation d'un ERP	51
Tableau 5.3: Temps des préparations de commandes avant et après l'implantation d'un ERP .	52
Tableau 5.4: Résultats du scénario 1	53
Tableau 5.5: Type de service comptoir et ratio pour le scénario 2	55
Tableau 5.6 Résultats du scénario 2	56
Tableau 5.7: Type de service au comptoir et ratio pour le scénario 3	58
Tableau 5.8 Résultats du scénario 3	59
Tableau 5.9 Résumé des caractéristiques de chaque scénario	60
Tableau 5.10 Résultats des 3 scénarios simulés	61

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Organigramme de la Ville de Trois-Rivières.....	2
Figure 1.2 Logiciels informatiques utilisés par la V3R.....	3
Figure 3.1 : Cartographie du processus : Service comptoir	25
Figure 3.2: Cartographie du processus : Réception du matériel	26
Figure 3.3: Cartographie du processus : Préparation de commande	27
Figure 3.4 Taux d'arrivée des clients par comptoir.....	29
Figure 3.5 Taux d'arrivée des camions à la barrière par 30 minutes.....	33
Figure 4.1: Modèle de simulation, représentation d'un comptoir	40
Figure 4.2: Modèle de simulation, représentation des étapes d'une réception	41
Figure 4.3: Modèle de simulation, représentation d'une préparation de commande.....	42
Figure 4.4 Modèle de simulation, représentation des trajets des commis	44

1 CHAPITRE 1 - CONTEXTE DE LA RECHERCHE

1.1 Contexte de la recherche (Ville de Trois-Rivières)

Avec plus de 142 000 habitants, la Ville de Trois-Rivières (V3R) est la 9^e plus grande ville québécoise. Elle est le pôle économique et culturel de la Mauricie et se situe en plein cœur du Québec, à mi-chemin entre les villes de Montréal et Québec. L'administration de la V3R compte plus de 1 200 d'employés qui ont pour objectif d'offrir des services publics de grande qualité aux Trifluviens. La V3R comporte 16 directions ayant chacune un rôle et une expertise distincte. Ces directions offrent des services municipaux pour les citoyens. La figure 1.1 présente l'organigramme de la V3R. La problématique étudiée dans ce mémoire concerne plus précisément la direction de l'approvisionnement.

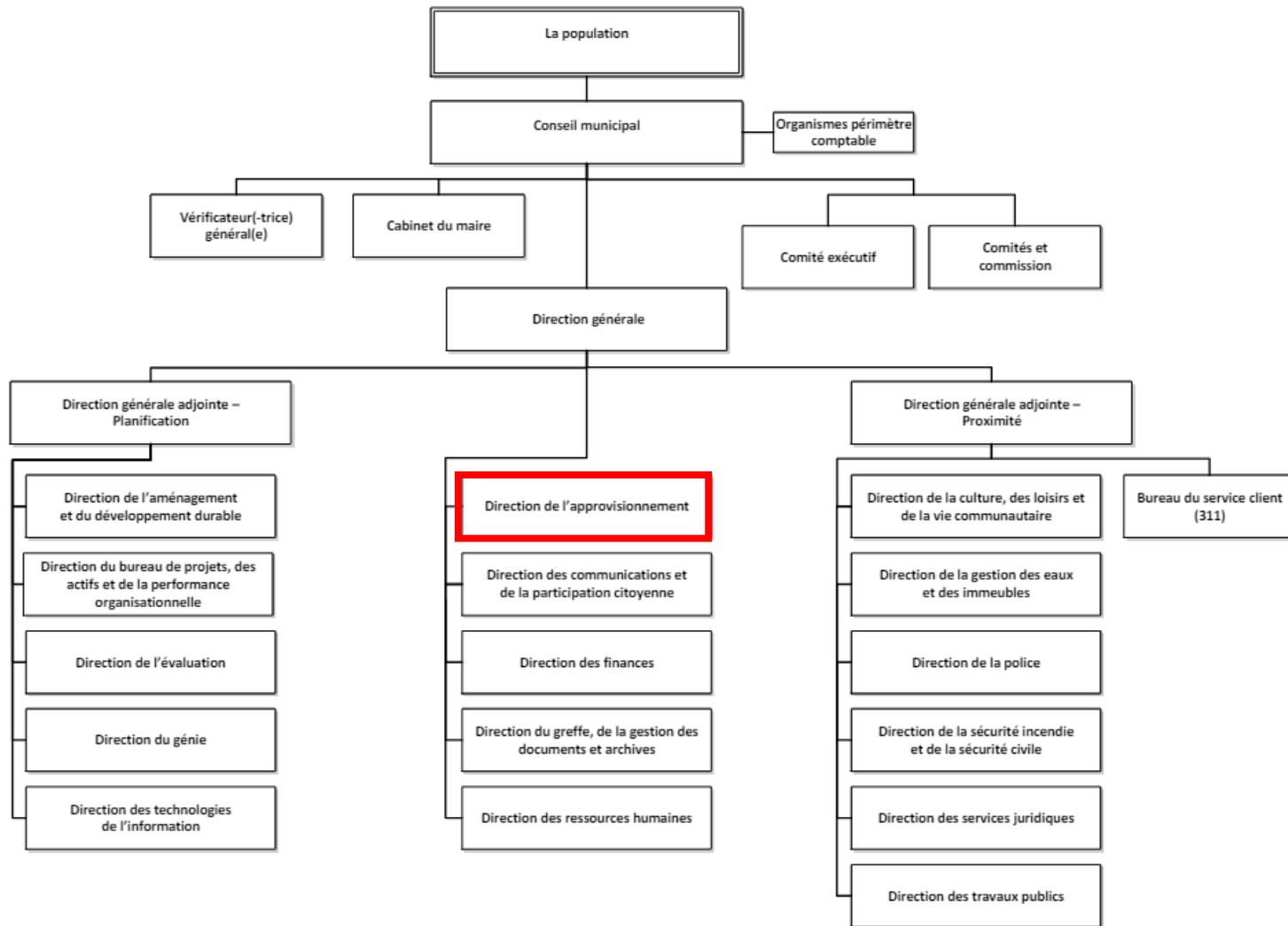


Figure 1.1 Organigramme de la Ville de Trois-Rivières

1.2 Situation actuelle

Pour offrir des services municipaux aux citoyens, des logiciels informatiques sont utilisés par chacune des directions de la V3R. Les employés de ces directions effectuent leur travail avec plus de 40 logiciels différents. Parmi ceux-ci, on retrouve des logiciels développés à l'interne par l'équipe des technologies de l'information, communément appelés logiciels « maison » et des logiciels commerciaux que la V3R a achetés. La figure 1.2 montre un bref aperçu de quelques logiciels informatiques utilisés à la ville.

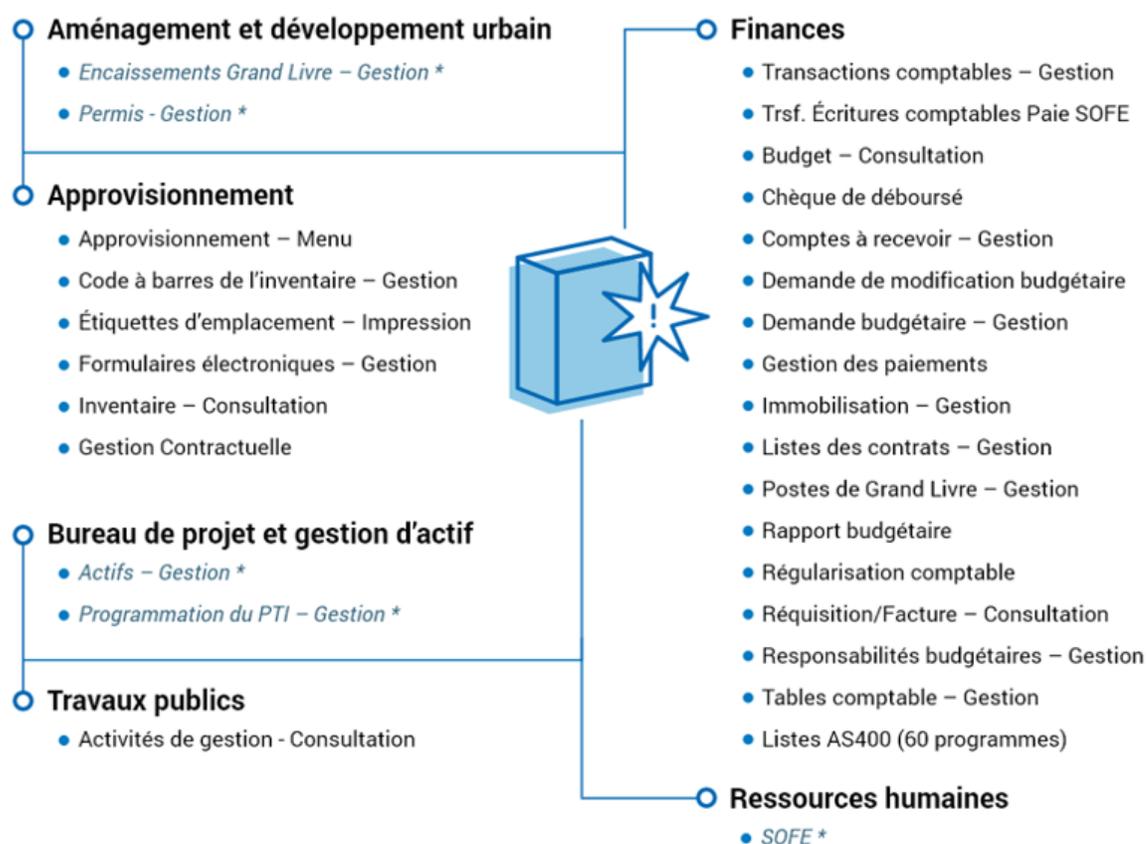


Figure 1.2 Logiciels informatiques utilisés par la V3R

Les coûts, la qualité et les délais des services offerts aux citoyens sont la priorité de la V3R et les logiciels informatiques ont un impact direct sur ceux-ci. Pour continuer de donner un service optimal aux citoyens, la V3R veut donc entreprendre un changement informatique.

Il y a plusieurs raisons pour lesquelles la V3R veut changer ses logiciels informatiques. La première étant le fait que les logiciels informatiques « maison » ont atteint leur limite d'évolution et de développement possible, ils arrivent donc à leur fin de vie. Le temps consacré par la direction des technologies à assurer l'évolution du système informatique exige plus de ressources que le nombre de ressources actuellement en place. La deuxième raison est de limiter le nombre de logiciels différents pour être en mesure d'avoir une meilleure cohésion entre les systèmes et limiter les développements de ponts entre les logiciels pour qu'ils soient capables de s'alimenter entre eux. La troisième raison est que la ville voudrait avoir un logiciel informatique plus performant pour être capable d'ajouter des nouvelles fonctionnalités, intégrer des nouvelles technologies et consolider le plus possible les outils parallèles, comme les fichiers Excel, dans le logiciel informatique lui-même pour offrir un meilleur service à moindre coût.

Selon Gamache (2019), plusieurs outils numériques permettent l'amélioration des services dans une entreprise. Parmi ceux-ci, on retrouve les systèmes de gestion intégrés. Ces systèmes communément appelés ERP (Enterprise Resource Planning, en anglais), sont composés de plusieurs modules informatiques tels qu'un module de gestion financière et un module de gestion de l'approvisionnement, qui sont tous interconnectés pour former un tout en une seule et unique base de données. Les ERP sont la base et sont essentiels pour les entreprises voulant entreprendre un virage numérique.

La V3R a donc décidé d'aller de l'avant avec l'implantation d'un ERP. L'implantation d'un logiciel ERP permettra de résoudre les 3 problématiques soulevés précédemment. Dans un premier temps, l'implantation du logiciel ERP permettra de remplacer les logiciels de la direction de l'approvisionnement et de la direction des finances. Ce sont les 2 directions avec le plus de logiciels « maison » soit environ une quinzaine pour seulement ces 2 directions. Ce sont aussi les logiciels qui ont le plus grand nombre de relations avec les logiciels des autres directions de la V3R.

1.3 Description de la problématique

Cette recherche se concentrera sur l'analyse du changement de logiciel de la direction de l'approvisionnement. La direction de l'approvisionnement compte une trentaine d'employés et se divise en deux services, la gestion contractuelle et la gestion des stocks et logistique. Le service qui sera étudié dans cette recherche sera celui de la gestion des stocks et logistique. La gestion des stocks et logistique est responsable des opérations des deux magasins municipaux. Les deux magasins municipaux comptent plus de 12 000 pièces en inventaire. Les pièces en inventaire peuvent être, par exemple, des pièces pour l'entretien des bâtiments, l'aqueduc et les égouts, les parcs, les bibliothèques, des équipements de protection individuels, etc. Les ressources humaines affectées aux magasins sont des commis logistiques. Ils œuvrent principalement au service comptoir, à la réception du matériel et la préparation de commandes.

Le service comptoir consiste à répondre aux clients du magasin. Les clients du magasin sont tous les autres employés de la V3R. Ils se présentent au magasin parce qu'ils ont un besoin de matériel pour leur travail. Lors du service comptoir, un client arrive au comptoir du magasin, sonne pour qu'un commis vienne le voir, le commis logistique note son besoin, va chercher le matériel dans le magasin, le rapporte au comptoir, fait la transaction de vente de matériel dans le logiciel informatique à un poste de travail fixe et donne le matériel au client.

La réception de matériel est effectuée lorsque les fournisseurs livrent du matériel au magasin. Les livreurs arrivent en camion au magasin à une barrière fermée et ils doivent sonner pour qu'un commis ouvre la barrière. Les commis doivent leur ouvrir une barrière motorisée à l'aide d'une manette se trouvant sur leur trousseau de clés. Par la suite, le livreur vient stationner son camion devant la porte et doit sonner à la porte pour piéton. Le commis ouvre la porte et accueille le livreur et son matériel. Le matériel peut simplement être une boîte ou encore être une palette qui doit être déchargée du camion avec un chariot élévateur. Lorsque le déchargement est fait, le commis doit valider la

concordance du matériel reçu avec la commande qui avait été faite. Si tout est conforme, il fait la transaction d'entrée de matériel dans le logiciel informatique pour ajuster les quantités en inventaire du matériel. Ensuite, il peut aller entreposer le matériel dans l'entrepôt. Toutes les commandes de matériel passées à des fournisseurs de la ville sont reçues aux 2 magasins de l'approvisionnement.

La préparation de commande est une réservation de matériel qui se fait de façon informatisée dans un logiciel informatique. Tous les clients des magasins ont deux choix qui s'offrent à eux, soit d'aller chercher le matériel directement au comptoir au magasin, ou de passer une commande dans le logiciel informatique du magasin et se le faire livrer directement à leurs installations. La commande est simple à faire. Les clients vont dans le logiciel, choisissent ce qu'ils veulent acheter au magasin et envoient leur commande aux commis logistique via le système informatique. Les commis reçoivent les commandes de tous les clients à travers la ville, vont cueillir le matériel dans le magasin, préparent une boîte pour l'expédition et exécutent la transaction de vente du matériel dans le logiciel informatique.

Actuellement, ces tâches sont réalisées à des postes de travail fixes à l'aide d'ordinateurs. Les 3 processus exigent des déplacements entre le magasin et les différents postes de travail fixes plusieurs fois dans une journée. Les déplacements sont donc nombreux. Aussi, plusieurs informations sur les inventaires ne sont pas à jour puisque les façons de faire comportent beaucoup de risques d'erreurs. Par exemple, lorsqu'un commis effectue un service comptoir, il prend en note sur un bout de papier les informations pour entrer la vente de matériel dans le système informatique. Ceci peut créer des erreurs de retranscription et occasionner des débalancements d'inventaire. Finalement, les systèmes informatiques actuels nécessitent beaucoup d'effort (temps/personne) pour être maintenus à jour. Toutes les demandes pour améliorer les systèmes informatiques actuels, afin de suivre l'évolution des meilleures pratiques en gestion des stocks, doivent passer par l'équipe des technologies de l'information de la

V3R. Au fil du temps, la direction de l'approvisionnement a développé de nombreux outils informatiques parallèles pour gérer les cas particuliers et ainsi pallier la désuétude du système informatique actuel. Ces outils informatiques parallèles, par exemple des fichiers Excel, causent plusieurs difficultés puisqu'ils prennent énormément de temps à créer et, une fois créés, ils doivent être alimentés manuellement puisqu'ils ne sont pas liés aux systèmes informatiques en place. L'implantation d'un ERP permettra l'abolition des outils informatiques parallèles. Nous croyons qu'il permettra aussi de diminuer le taux d'utilisation des commis, le temps de service des clients au service comptoir, le temps de préparation de commande et le temps de réception de matériel.

Si le taux d'utilisation des commis diminue alors ils pourront être utilisés de façon plus efficace et auront davantage de temps à consacrer à d'autres tâches. Plusieurs autres tâches, présentement négligées par manque de temps, pourraient être faites par les commis, par exemple, effectuer des prises d'inventaire, livrer du matériel, des projets de conditionnement de matériel pour d'autres directions, etc.. L'approvisionnement pourra donc effectuer plus de tâches avec les mêmes commis ou encore augmenter la qualité des tâches présentement effectuées.

Le temps de service des clients au service comptoir comprend le temps entre le moment où le client se présente au comptoir et celui où il quitte avec le matériel qu'il est venu chercher. Il est donc souhaitable que ce temps soit le plus court possible pour permettre aux clients d'être le plus possible en train de faire leur tâche principale. Le temps de service des clients pourra potentiellement diminuer à l'aide d'outils technologiques. Les outils technologiques sont des terminaux mobiles (par exemple, des cellulaires avec un accès au système informatique) qui permettent d'effectuer des tâches à plusieurs endroits différents (et non des endroits fixes) et d'avoir un accès au système informatique en tout temps.

Le temps de préparation de commande débute avec la prise de connaissance du besoin et se termine avec la transaction de vente dans le logiciel. Le temps de la réception de

matériel correspond au moment où un camion arrive à la barrière jusqu'au placement du matériel dans le magasin. Nous croyons que l'implantation d'un ERP et d'outils technologiques permettra au service de gestion des stocks et logistique de réduire les temps de ces 2 processus. Les temps pourront être diminués en limitant les déplacements à l'aide de terminaux mobiles.

1.4 Objectifs de la recherche

Cette recherche a pour but d'analyser l'impact de l'implantation d'un ERP et d'outils technologiques sur les différents indicateurs de performance du service de la gestion des stocks et de la logistique de V3R soit le taux d'utilisation des commis, le temps de service des clients au service comptoir, le temps de préparation de commande et le temps de réception du matériel.

1.4.1 Les objectifs de la recherche

Le premier défi pour la V3R sera l'implantation du ERP dans les 2 directions choisies, soit aux finances et à l'approvisionnement, qui sera la base logicielle pour pouvoir y ajouter des outils technologiques ou y greffer des nouveaux logiciels pour les autres directions de façon interconnectée. Trois objectifs seront vérifiés dans le cadre de cette recherche.

Le premier objectif vise à mesurer l'effet de l'utilisation des terminaux mobiles par les commis sur le temps de service au client aux comptoirs. Le deuxième objectif vise à mesurer comment l'ajout d'un module de planification des opérations au ERP permet de planifier le travail des commis en amont. Les clients pourront passer leurs commandes dans le logiciel, ce qui permettra aux commis de les préparer d'avance. Le temps de service aux comptoirs devrait alors diminuer puisque le nombre de clients au comptoir diminuera et le nombre de commandes à préparer augmentera. Le troisième objectif

visé à vérifier l'impact de l'utilisation d'une caisse libre-service dans le magasin sur le taux d'utilisation des commis. Dans ce scénario, les clients iront chercher leur matériel dans le magasin et ils procéderont eux-mêmes au paiement comme cela se fait avec les caisses libre-service dans les épiceries.

2 CHAPITRE 2 – REVUE DE LITTÉRATURE

Une revue de la littérature a été effectuée afin de tracer un portrait des connaissances actuelles concernant l'impact de l'implantation d'un ERP dans le secteur municipal. La base de données SCOPUS, qui compte plus de 24 600 titres de périodiques dans le secteur des sciences pures et appliquées et des sciences sociales, a été interrogée avec les mots clés principaux suivants : ERP, Entreprise Resource Planning, Integrated Information System, Municipality, Public sector. Les mots clés secondaires suivants ont aussi été utilisés : Inventory management Performance, Service time, Self-checkout, Resource, Digital transformation, Impact. Afin d'obtenir une revue de la littérature assez récente, les articles les plus récents par sujet ont été retenus. En recoupant ces résultats avec les mots clés secondaires, quelques articles supplémentaires ont pu être recensés. Par contre, plusieurs de ces articles étaient du secteur privé.

2.1 Qu'est-ce qu'un ERP?

Un ERP, est un logiciel informatique qui centralise et intègre l'ensemble des processus et des données d'une entreprise au sein d'une plateforme unique. Conçu pour améliorer l'efficacité opérationnelle, optimiser les flux de travail internes et faciliter la prise de décision en fournissant des informations en temps réel, un ERP permet une gestion cohérente et transparente des différentes fonctions de l'entreprise. Il s'agit d'un logiciel complexe qui intègre plusieurs fonctions et processus clés d'une entreprise, tels que la planification, l'achat, la gestion des stocks, la production, la comptabilité, les ressources humaines et d'autres opérations (Chandiwana & Pather, 2016). Les ERP sont utilisés dans les entreprises pour atteindre les objectifs suivants (Lequeux, 2011) :

- Diminution des temps de réponse de l'entreprise
- Améliorer l'accès des utilisateurs à des informations directement exploitables

En résumé, les systèmes ERP sont des systèmes informatiques intégrés qui contribuent à optimiser les performances globales de l'entreprise puisqu'ils fournissent une vue d'ensemble en temps réel sur les données et facilitent la prise de décision, la coordination des activités et la communication interne.

Le développement des systèmes ERP a commencé dans les années 1960 parallèlement à l'utilisation généralisée des ordinateurs. Initialement, des systèmes de gestion des stocks ont été utilisés. En raison de la mondialisation, de la concurrence mondiale, de l'essor du commerce électronique, du partage d'informations via Internet et des marchés électroniques, les systèmes ERP sont utilisés non seulement par les entreprises de fabrication, mais aussi par de nombreuses entreprises de services. Le marché des ERP a rapidement progressé grâce à l'innovation et à la fourniture de solutions personnalisées par les fournisseurs pour répondre aux changements commerciaux actuels. En 2018, le marché mondial des logiciels ERP était évalué à 35,81 milliards de dollars et devrait atteindre 78,40 milliards de dollars d'ici 2026 (Kham, 2023).

L'histoire des ERP reflète une évolution significative dans la gestion des entreprises, passant des systèmes rudimentaires des années 1960 aux solutions ERP sophistiquées et intégrées d'aujourd'hui. Avec l'évolution continue des technologies, les ERP restent des outils essentiels, adaptés pour répondre aux défis dynamiques des entreprises modernes.

2.2 ERP dans le secteur public

Au fil des décennies, le secteur public a progressivement adopté ces systèmes intégrés pour rationaliser ses opérations, améliorer la gestion des ressources et répondre aux besoins complexes de la société. Les organisations publiques ont pour principal objectif d'améliorer la qualité et la performance de la prestation de services publics. Aussi, le but principal du secteur public est de fournir des services jugés essentiels au bien-être de la

société (Roztocki *et al.*, 2023). Contrairement aux entreprises, les organisations publiques telles que les municipalités ne sont pas axées sur le profit. Les objectifs d'une organisation publique, tels qu'énoncés par Liimatainen (2008), incluent l'amélioration de la qualité et de la performance de la prestation de services publics. Une meilleure prestation de services est la principale motivation pour l'engagement de fonds publics dans ce que beaucoup considèrent comme seulement un système informatique. Contrairement au secteur privé, où toutes les parties prenantes adhèrent à un programme unifié de maximisation des profits, les parties prenantes du secteur public doivent viser à fournir un service qui a un bon rapport qualité-prix. Un système ERP présente des défis importants, notamment le coût de sa mise en œuvre et de son implantation, qui est le plus grand obstacle. Ce problème est aggravé par le fait que les avantages sont perçus plus tard, tandis que les coûts sont engagés immédiatement. Dans l'ensemble, les systèmes ERP jouent un rôle essentiel dans les municipalités, mais leur valeur est souvent mal comprise ce qui rend difficile la création d'un consensus parmi les parties prenantes pour leur adoption (Chandiwana & Pather, 2016). De nos jours, les ERP sont devenus une nécessité pour les entreprises simplement pour survivre sur le marché. Dans le secteur public, l'avantage concurrentiel ou même la compétitivité est moins préoccupante, car les organisations du secteur public ne compétitionnent généralement pas directement contre d'autres organisations. Roztocki *et al.* (2023) ont étudié ce qui motive les organisations du secteur municipal de la Pologne à adopter cette technologie. Les résultats de leur étude indiquent que les organisations du secteur public mettent en œuvre des systèmes ERP pour trois raisons: l'amélioration de l'efficacité des processus, l'intégration de diverses technologies existantes et celles guidées par des perspectives stratégiques.

2.3 Impact de l'implantation d'un ERP

L'implantation d'un ERP représente une étape stratégique majeure pour de nombreuses organisations, entraînant des transformations significatives dans leurs opérations et leur gestion. Dans cette section, les gains associés à l'implantation d'un ERP seront explorés.

Pour mesurer l'impact sur la performance d'un ERP, Fernandez *et al.* (2017) ont utilisé la méthodologie du sondage. Ils ont recueilli des données grâce à une enquête électronique via un questionnaire Google Form. Dans cette étude, un questionnaire structuré a été conçu et utilisé pour la collecte de données. Le questionnaire comprenait un ensemble de questions visant à mesurer la perception des répondants de l'impact du ERP sur la performance organisationnelle. Les questions ont été adaptées à partir d'études précédentes, et des modifications ont été apportées pour répondre aux objectifs de recherche et adapter le contexte du système ERP dans les organisations publiques en Malaisie. Les résultats ont indiqué que l'ajout d'un ERP dans les organisations municipales de la Malaisie a un impact positif sur leur performance. Les résultats ont montré que les ERP entraînent une amélioration de la performance financière des organisations publiques. Étant donné que les ERP sont censés fournir des informations précises et opportunes à l'échelle de l'entreprise pour la prise de décision, les coûts administratifs de l'organisation ont été réduits. De plus, étant donné que le système ERP est sans papier, les entreprises peuvent réduire les coûts en rationalisant les processus et en éliminant les tâches administratives faites papier qui sont désormais automatisées. De plus, la grande sophistication de ce système a permis de réduire les coûts d'approvisionnement et les coûts dû à la perte de temps pour la recherche d'informations en raison du confort et de la convivialité du système. Cette recherche a réussi à démontrer que l'implantation des ERP est devenue une stratégie efficace pour améliorer l'efficacité et l'efficience des organisations du secteur public. Selon Fernandez *et al.* (2017), les résultats de cette étude devraient encourager le secteur public à mettre en place des stratégies similaires dans le but d'obtenir des résultats similaires à ceux des

autorités locales en Malaisie. Selon Céu Alves et Matos (2013), les principales raisons de la mise en œuvre d'un système ERP dans les entreprises portugaises, brésiliennes et grecques sont:

- L'intégration de plusieurs applications
- La demande croissante d'informations en temps réel
- L'intégration de l'information
- La génération d'informations pour la prise de décision

Selon Sheshasaayee et Bhargavi (2017), il faut s'assurer que le ERP automatise plusieurs tâches afin d'obtenir un gain de productivité substantiel pour l'entreprise. Puisqu'un ERP touche différents secteurs d'une entreprise soit les finances, la production ou l'administration, tous ces secteurs sont susceptibles d'avoir un gain substantiel de productivité. Pendant plusieurs décennies, les chercheurs anticipaient le jour où les ordinateurs pourraient permettre aux gestionnaires et aux professionnels de les libérer de certaines prises de décisions. De nos jours, les décisions automatisées faites par algorithmes et gérées par ordinateurs sont essentielles dans les procédés qui sont routiniers et fréquents et dont la structure de l'information est disponible électroniquement et bien définie. Également, les décisions automatisées permettent de faciliter l'intégration du ERP à une entreprise de service et d'assurer l'utilisation standardisée par les utilisateurs après l'implantation. Sheshasaayee et Bhargavi (2017) concluent que l'automatisation de certaines décisions en fonction de critères prédéfinis permet un gain de temps et de productivité substantiel auprès des entreprises de service et permet d'affecter de façon optimale les ressources de l'entreprise à des tâches à valeur ajoutée.

Ali *et al.* (2020) ont fait une étude pour voir si l'implantation d'un ERP avait un impact sur les indicateurs financiers d'une entreprise. Ils ont analysé 10 indicateurs financiers sur différentes entreprises manufacturières du Pakistan. Des indicateurs tel que le ROE (return on equity) et le ROA (return on assets) ont été analysés. Ceux-ci mesurent la

rentabilité financière d'une entreprise par rapport à ses capitaux propres et ses actifs. En résumé, le ROE se concentre sur la rentabilité par rapport aux capitaux propres des actionnaires, tandis que le ROA se concentre sur la rentabilité par rapport à tous les actifs de l'entreprise. Ces deux indicateurs fournissent des informations cruciales sur la performance financière et la rentabilité d'une entreprise. Donc, Ali *et al.* (2020) ont comparé des entreprises qui implantaient un ERP et des entreprises qui demeuraient avec leur propre logiciel qui n'était pas un ERP. Ils ont débuté la prise de donnée avant l'implantation et jusqu'à 3 ans après l'implantation. Les résultats montrent que l'investissement dans les ERP de ces entreprises du Pakistan a eu l'effet positif le plus important en termes de performance financière par rapport aux entreprises n'ayant pas implanté de ERP. L'effet est déjà présent pendant la période d'implantation de deux ans, qui couvre également la période d'apprentissage au démarrage. Les résultats sont significatifs pour plusieurs indicateurs financiers comme le ROE et le ROA pour les entreprises ayant implanté un ERP. Les améliorations résultent d'une augmentation de l'efficacité et des économies de coûts. Dans l'ensemble, on peut conclure que la mise en œuvre des ERP par les entreprises au Pakistan leur a apporté la plupart des avantages revendiqués par les fournisseurs d'ERP.

On peut donc dire que l'implantation d'un ERP a un impact considérable et permet un gain de productivité dans les entreprises de service ou les grandes organisations publiques.

Dans certain cas, des modules peuvent être ajoutés aux ERP. L'avantage d'avoir des modules interconnectés dans un ERP réside dans la capacité à créer une solution logicielle intégrée qui offre une vision complète et cohérente de l'ensemble des opérations d'une entreprise. Bouyzem *et al.* (2021) ont défini des caractéristiques favorisant l'implantation d'un système ERP dans les entreprises. Parmi celles-ci, on retrouve le fait d'avoir des modules intégrés interconnectés et des bases de données communes. La centralisation des données au sein d'une base de données unique élimine

les silos d'informations et assure leur cohérence à travers l'ensemble de l'organisation. Aussi, elle permet un échange d'informations en temps réel et garantit que les différents départements de l'entreprise disposent des données les plus récentes permettant de prendre des décisions éclairées. La connectivité entre les modules favorise la collaboration entre les départements dans une entreprise. Les équipes peuvent partager des informations plus facilement, ce qui améliore la communication et la coordination entre les différents secteurs de l'entreprise. L'interopérabilité des systèmes dans un ERP signifie l'habileté de différents systèmes à interagir afin d'offrir les informations nécessaires à toutes les parties prenantes d'une entreprise ou d'une organisation. Par exemple, dans une organisation de grande envergure tel qu'une institution médicale, il serait possible de lier toutes les données suivantes en une seule plateforme pour que toutes les parties prenantes (médecins, infirmières et autres professionnels de la santé) y aient accès :

- les données sur les services médicaux donnés aux patients par les médecins et infirmières,
- les données provenant des différentes machines monitorant l'état de santé des patients

En résumé, avoir des modules interconnectés dans un ERP offre une approche intégrée qui simplifie les opérations, améliore la visibilité, renforce la collaboration et contribue à une gestion plus efficace de l'entreprise.

2.4 Impact des technologies de l'information et de communications

Hasan *et al.* (2018) ont fait une recherche sur les impacts de l'utilisation des technologies de l'information et de communication mobiles (TIC) sur la productivité dans le secteur de la construction. La méthode de recherche choisie pour cette étude est de nature qualitative par sondage. Les résultats de l'analyse ont conduit à quatre thèmes principaux :

- Préférence des utilisateurs en matière d'appareils et d'applications
- Impact sur la productivité
- Réflexions sur les pratiques organisationnelles et la formation
- Considérations en matière de santé et de sécurité pour les utilisateurs

En premier lieu, pour ce qui est de la préférence des utilisateurs en matière d'appareils et d'applications, les professionnels travaillant dans le secteur de la construction utilisent différents types d'appareils mobiles allant des smartphones et des tablettes aux ordinateurs portables convertibles, mais les participants ont préféré l'utilisation des tablettes sur les chantiers. Il est généralement plus pratique de consulter et de modifier des documents électroniques sur une tablette en raison de son écran plus grand, tandis que la petite taille de l'écran des smartphones ne répond pas aux besoins de saisie au clavier de nombreuses applications. Bien que le jeune âge des professionnels soit perçu comme étant un facteur influençant l'utilisation d'appareils mobiles, cela ne correspond pas nécessairement à la réalité. L'utilisation dépend également d'autres facteurs tels que le niveau d'éducation, le type de travail et l'intérêt pour la technologie. En deuxième lieu, pour ce qui est de l'impact sur la productivité, les participants ont convenu que les TIC ont certainement augmenté la vitesse de transfert et d'accès à l'information, ce qui a entraîné une prise de décision plus rapide et une meilleure circulation de l'information. En permettant la transmission transparente et efficace de l'information, elle élimine également les types d'erreurs et de retards inhérents aux approches manuelles. Fulford et Standing (2014) ont aussi soutenu que le flux continu d'information à un rythme

incroyable peut parfois poser problème. Ils ont suggéré que l'utilisation plus fréquente de ces technologies pourrait être contre-productive, entraînant ainsi un travail moins productif. En troisième lieu, pour ce qui est de la réflexion sur les pratiques organisationnelles et la formation, le coût n'est pas un obstacle à l'introduction des TIC dans les projets de construction, surtout dans les pays développés comme l'Australie. Cependant, la sécurité des données reste une grande préoccupation pour les organisations du secteur de la construction. De plus, un manque de formation ou de sensibilisation à l'utilisation des TIC mobiles peut créer des problèmes interpersonnels et des conflits au sein de l'équipe de projet. Enfin, la formation des usagers utilisant des TIC pour améliorer la productivité reste un défi pour de nombreuses organisations. Pour terminer, les participants ont souligné les défis liés à la sécurité de l'utilisation des TIC sur les chantiers de construction. Bien que les TIC offrent la flexibilité de travailler n'importe où, elles ont réduit l'autonomie personnelle des utilisateurs et leur capacité à se déconnecter du travail. En conséquence, les utilisateurs ressentent une énorme pression pour être accessibles et réactifs même en dehors des heures de travail. En conclusion, le potentiel réel des TIC sur la productivité dans les projets de construction est majeur par contre, il est nécessaire que les organisations du secteur de la construction les adoptent en tant qu'opportunités en élaborant des politiques et des lignes directrices appropriées, en formant leurs employés, et en approfondissant leur compréhension de leurs fonctionnalités.

Eller *et al.* (2020) se sont penchés sur l'utilisation et l'intégration des TIC pour améliorer l'efficacité, l'agilité, la productivité et la compétitivité de l'entreprise. Ils ont utilisé la méthodologie du sondage pour valider si la transformation numérique des entreprises augmente leur performance. 193 PME (de 1 à 249 employés) sur les 4146 contactées en Autriche ont répondu au sondage. Les résultats révèlent que l'adoption des TIC, les compétences des employés et la stratégie numérique ont toutes un impact positif sur la digitalisation des entreprises, améliorant leur performance financière. Cependant,

l'analyse met en évidence les défis (formation et modification du rôle des employés, investissement, élaboration d'une stratégie numérique, indicateurs de performance, etc.) auxquels sont confrontées les gestionnaires d'entreprises pour transformer leurs ressources en ressources numériques. En résumé, la digitalisation des entreprises nécessite une approche intégrée et coordonnée, mettant l'accent sur la combinaison efficace de ressources technologiques, humaines et stratégiques pour améliorer les performances financières.

Une étude de Behera et al. (2015) a aussi conclu qu'il y avait une corrélation positive entre les TIC et la performance financière.

Bhandari (2014) démontre que l'utilisation croissante des TIC a eu un impact sur la gestion de la chaîne d'approvisionnement, transformant fondamentalement la manière dont les entreprises planifient, exécutent et contrôlent le flux de processus. Ils disent qu'avec l'avènement de nouvelles technologies telles que l'identification automatique (code-barre, RFID), les outils de communication numérique et les systèmes d'information sophistiqués, les entreprises disposent désormais de moyens puissants pour optimiser leurs opérations logistiques. Ces technologies permettent une traçabilité accrue des produits, une meilleure visibilité des stocks, une prise de décision plus rapide et plus précise, ainsi qu'une collaboration améliorée avec les partenaires de la chaîne d'approvisionnement. En conséquence, l'utilisation efficace de la technologie est devenue un facteur critique de succès pour les entreprises cherchant à rester compétitives sur le marché mondial en évolution rapide.

La numérisation des processus internes des entreprises offre de nouvelles opportunités sur le marché pour celles qui cherchent à développer des innovations basées sur des idées entrepreneuriales. Ferreira et al. (2019) ont fait une étude visant à répondre à ces deux questions :

- Quelles sont les raisons qui conduisent les entreprises à choisir de nouveaux processus numériques ?

- Quels sont les impacts de ces choix sur leur capacité d'innovation et leur performance commerciale ?

Leur méthodologie consiste à questionner par téléphone 938 entreprises portugaises provenant de différents secteurs d'activité pour déterminer quels facteurs conduisent les entreprises à adopter de nouveaux processus numériques et quels impacts ces processus ont sur leur capacité d'innovation et leurs niveaux de performance

L'étude a révélé que les entreprises adoptant de nouveaux processus numériques présentent un nombre significativement plus élevé d'innovations dans les produits et/ou services, ce qui démontre leur plus grande capacité d'innovation. Les entreprises qui s'engagent le plus dans l'innovation dans leurs produits et/ou avec un nombre plus élevé d'innovations coïncident avec celles qui réalisent des chiffres d'affaires plus élevés. Les facteurs tels que "maintenir leur part de marché", "augmenter leur part de marché" et "améliorer leur qualité de service" ont une influence statistiquement positive sur l'adoption de nouveaux processus numériques. En résumé, les résultats de cette étude contribuent à une meilleure compréhension de la transformation numérique en entreprise et soulignent l'importance pour les entreprises de rester au fait des changements numériques pour rester compétitives. Enfin, les résultats fournissent de nouvelles perspectives sur les raisons qui peuvent amener les entreprises à choisir de nouveaux processus numériques et sur leurs impacts sur la capacité d'innovation et la performance des entreprises.

En conclusion, toutes ces études parlant de l'impact des TIC sur les entreprises soulignent l'importance cruciale pour les entreprises de rester à l'avant-garde des changements numériques pour rester compétitives sur le marché actuel en constante évolution.

2.5 Impact des caisses libre-service sur la productivité

De nos jours, de nombreux magasins de détail et centres commerciaux dans le monde ont introduit le système de caisses libre-service. Ce système permet aux clients d'effectuer le service de caisse eux-mêmes et ne nécessite pas l'intervention d'employés. Ce système comprend plusieurs composants similaires aux caisses traditionnelles, tels que des éléments de numérisation et de paiement des commandes des clients. Les caisses libre-service visent à réduire le temps nécessaire pour que les clients traitent leurs articles achetés et à diminuer les coûts de main-d'œuvre. En règle générale, les clients « scannent » eux-mêmes leurs achats à l'aide d'un lecteur de code-barres et d'un écran, emballent leurs produits, puis procèdent au paiement.

Afin de rester compétitifs dans une économie en évolution, les détaillants doivent comprendre la valeur apportée aux consommateurs par les magasins physiques versus ceux en ligne. Face à des consommateurs de plus en plus orientés vers le commerce en ligne, les détaillants doivent comprendre pourquoi le magasinage en ligne est privilégié et connaître les irritants liés à l'expérience d'achat en magasin. Selon Johnson *et al.* (2021), depuis les années 1990, les détaillants ont tenté de simplifier les transactions en utilisant des technologies permettant la caisse libre-service. Bien que cette technologie ait connu peu de succès initialement, elle gagne maintenant en popularité, potentiellement grâce à l'adoption rapide des technologies mobiles telles que le paiement mobile. Plus de 65% des détaillants aux États-Unis ont mis en place des systèmes de caisses libre-service, bénéficiant ainsi de réductions de coûts au niveau de la main d'œuvre et d'une augmentation de la rapidité des transactions pour les clients. Il existe deux principaux types de systèmes de caisse libre-service: les systèmes fixes où les articles sont scannés à une station dédiée, et les systèmes mobiles où les clients utilisent une application sur leur appareil mobile pour scanner les articles et effectuer le paiement.

Ba et Vignon (2013) font une analyse de l'incidence des caisses libre service sur les clients et les employés. Les incidences sur les clients se résument à un déplacement du travail vers le client et un besoin de formation des clients. Pour ce qui est des incidences sur les employés, elles se résument en deux points. Premièrement, le travail devient plus exigeant sur le plan émotionnel puisque que l'employé responsable de plusieurs caisses libre-service doit apprendre à accueillir les clients d'une façon qu'ils apprécient leur expérience client. Aussi, il a un rôle de formation avec les clients pour leur apprendre à maîtriser les nouveaux outils technologiques. De plus, il doit être vigilant pour lutter contre le vol.

Aussi, d'après les recherches de Jie and Kamsin (2021), il est important de ne pas sous-estimer le problème du vol. Une étude menée en Angleterre auprès de 2634 individus a révélé que 20% d'entre eux avaient admis avoir déjà volé à une caisse en libre-service. Plus de la moitié des participants ont déclaré que la raison en était leur incapacité à scanner les articles, les conduisant ainsi à les prendre sans payer.

Pour conclure, il ne faut donc pas négliger ces impacts. Même si les caisses libre-service permettent de diminuer le nombre de salariés, il ne faut pas oublier le vol ainsi que la transformation du travail vers le client.

2.6 Conclusion

La revue de littérature a démontré que les ERP jouent un rôle central dans l'optimisation de la performance des entreprises, offrant une vue d'ensemble en temps réel, facilitant la prise de décision et coordonnant efficacement les activités internes. Dans le secteur public ou municipal, les recherches sont plus limitées. Nous avons quand même vu que l'implantation des ERP vise à améliorer la prestation des services publics, bien que des défis demeurent tels que les coûts d'implantation des ERP. Les motivations des organisations du secteur public pour l'implantation d'un ERP comprennent

l'amélioration de l'efficacité des processus et l'intégration technologique. Pour ce qui est de l'impact de l'implantation d'un ERP, plusieurs recherches ont démontré qu'elle était positive, contribuant à la réduction des coûts administratifs, à l'amélioration de l'efficacité opérationnelle et à une prise de décision plus éclairée. Aussi, l'intégration de modules interconnectés dans un ERP renforce la cohérence des données, favorise la collaboration entre les départements, et simplifie les opérations.

Dans l'ensemble, les recherches examinées soulignent l'importance cruciale des TIC dans différents secteurs d'activité, notamment la construction, la gestion de la chaîne d'approvisionnement et les plus petites entreprises. En résumé, ces travaux soulignent l'importance pour les entreprises de rester à l'avant-garde des changements numériques pour rester compétitives puisque les gains sont très importants sur la productivité. Enfin, l'introduction des caisses libre-service dans le domaine municipal est presque inexistant pour l'instant. Donc, nous vérifierons si ce qui a été observé dans le commerce de détail, soit la réduction du temps de transaction et des coûts de main-d'œuvre, peut s'appliquer au domaine municipal.

En résumé, la revue de littérature souligne l'importance cruciale des systèmes ERP, de l'implantation de modules interconnectés, l'implantation des TIC et de l'intégration des caisses libre-service dans le contexte des entreprises de service et publiques, contribuant tous à une gestion plus efficace et à une meilleure performance organisationnelle.

3 CHAPITRE 3 – MÉTHODOLOGIE

Cette recherche a pour but d'analyser l'impact de l'implantation d'un ERP, de l'ajout de modules intégrés et d'outils technologiques sur différents indicateurs de performance du service de la gestion des stocks et de la logistique de V3R.

La méthodologie utilisée pour atteindre cet objectif consiste à développer un modèle de simulation à événements discrets afin de reproduire les activités du service de la gestion des stocks et de la logistique de la V3R. Le modèle servira à tester des scénarios en lien avec l'implantation de l'ERP et des outils technologiques.

Pour concevoir le modèle de simulation, il est nécessaire de bien comprendre les processus à modéliser et d'obtenir des données. Cette section présente donc le fonctionnement complet du service de la gestion des stocks et logistique ainsi que la prise de données effectuées aux différentes étapes des processus. Ces données serviront à alimenter le modèle de simulation.

3.1 Cartographie des processus du service de la gestion des stocks et logistique

3.1.1 Service comptoir

Le service comptoir consiste à fournir le matériel nécessaire à la réalisation de la tâche du client qui se présente de façon spontanée. Le service au comptoir est une priorité pour les commis. Il y a 4 commis logistique et 4 comptoirs situés à des endroits différents dans le magasin: Entretien centralisé (EC), Signalisation (Sign), Aqueduc et égouts (Égout), Porte extérieure (Porte). Si un commis est en train de préparer une commande ou une réception de matériel, il doit cesser sa tâche et aller faire le service comptoir. S'il y a des clients à plusieurs comptoirs simultanément, ils seront servis selon la règle FIFO. La cartographie du processus du service comptoir est présenté à la figure 3.1.

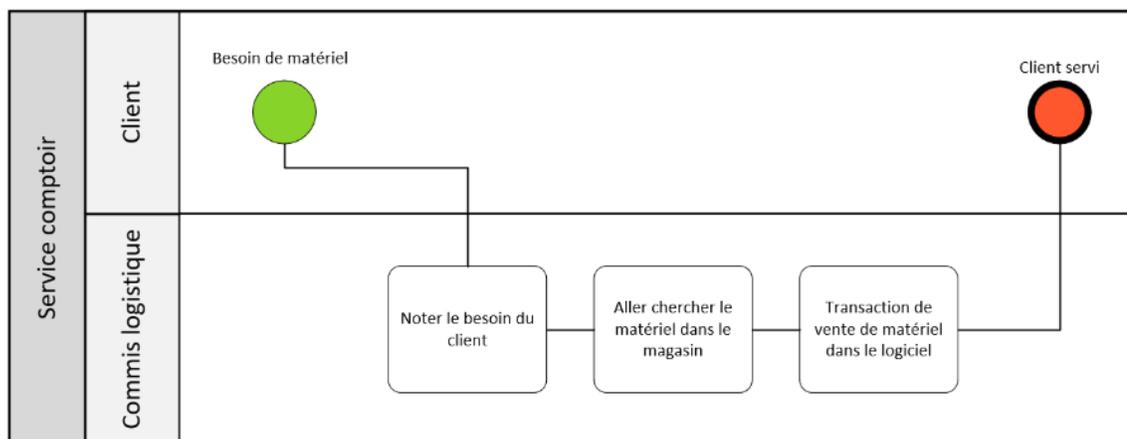


Figure 3.1 : Cartographie du processus : Service comptoir

3.1.2 Réception de matériel

La réception de matériel en provenance des fournisseurs consiste globalement à renflouer l'inventaire du matériel dans le magasin pour être en mesure d'assurer le service au comptoir et d'effectuer la préparation de commandes. Lorsque les niveaux de matériel sont bas, un acheteur passe une commande à un fournisseur pour réapprovisionner le matériel. Lors de l'arrivée du fournisseur (livreur) au magasin, un commis ouvre la barrière. Ceci est la tâche prioritaire pour les commis. Il doit donc arrêter ce qu'il fait pour ouvrir la barrière à l'aide d'une manette. Le déchargement du matériel est la deuxième priorité des commis. Les commis réceptionnent le matériel et le placent dans le magasin pour qu'il soit disponible pour le service comptoir ou la préparation de commandes. Cette tâche est la dernière priorité des commis soit la cinquième. La figure 3.2 présente la cartographie du processus de la réception de matériel.

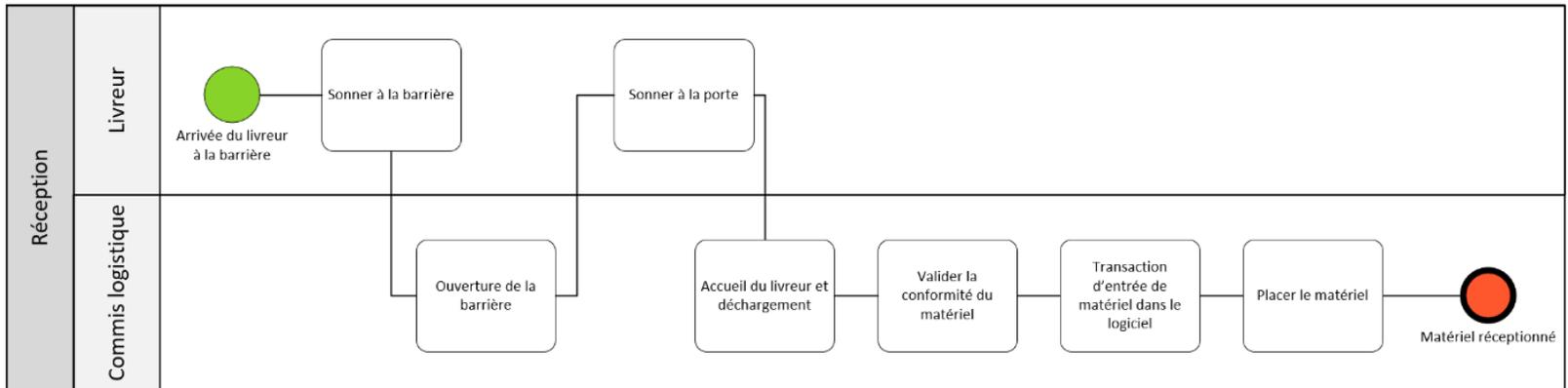


Figure 3.2: Cartographie du processus : Réception du matériel

3.1.3 Préparation de commandes

Une préparation de commande consiste à envoyer aux commis logistiques, une commande de matériel faite par les clients via le système informatique. Le matériel sera alors préparé par les commis logistiques pour être ensuite livré aux clients. L'avantage de passer une commande dans le système informatique pour le client est qu'il n'a pas à se déplacer physiquement au magasin pour chercher du matériel au service comptoir. La préparation de commande est la quatrième priorité des commis. Donc, si une commande entre dans le système, le commis doit cesser la réception de matériel pour faire la préparation de commande. Si, par contre, le commis fait une préparation de commande et qu'un client arrive pour un service comptoir, il doit cesser la préparation de commande pour répondre à ce client. Les priorités sont donc les suivantes dans l'ordre : ouverture de la barrière, déchargement de matériel, service aux comptoirs, préparation de commandes et réception du matériel. Ces priorités doivent être respectées dans le modèle de simulation afin qu'il reflète la réalité. La figure 3.3 présente la cartographie du processus d'une préparation de commande.

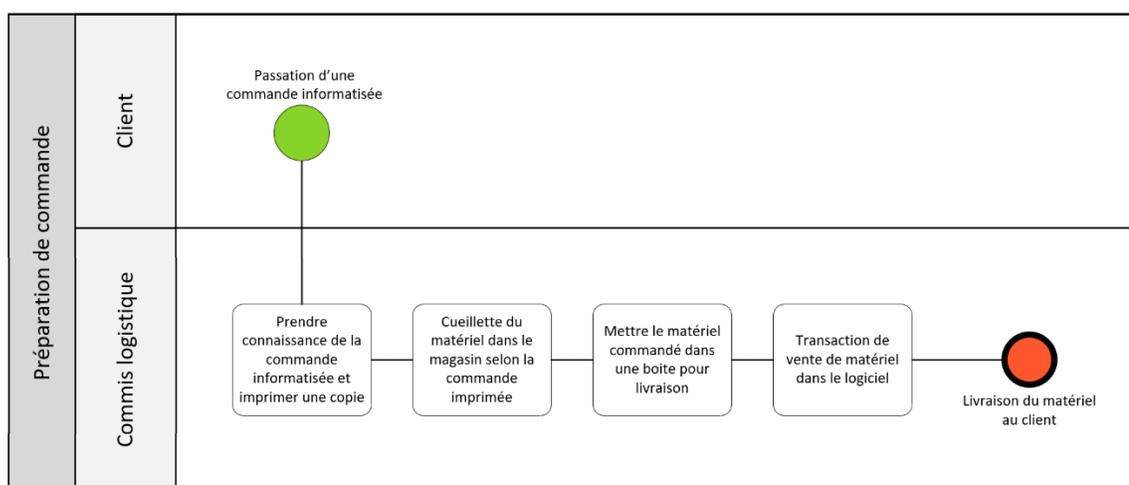


Figure 3.3: Cartographie du processus : Préparation de commande

3.2 Études de temps

Pour modéliser les processus du service au comptoir, de la réception de matériel et de la préparation de commandes et pour développer le modèle de simulation, des études de temps ont été effectuées durant les mois de juin, juillet et août 2020.

3.2.1 Service au comptoir

Des temps de service aux comptoirs ont été chronométrés sur 14 jours de 7h00 à 16h30 pour un total de 767 clients. Les taux d'arrivée des clients à chacun de ces jours ont été calculés et une moyenne a été calculée. Par exemple, pour le comptoir EC, entre 7h30 et 8h00, 50 clients sont venus au comptoir sur une période de 12 jours, ce qui donne une moyenne d'un taux d'arrivée de 5 clients ($50/12$) durant cette période de 30 minutes. Les données sont présentées à l'annexe D, E, F et G.

Les taux d'arrivée des clients par période de 30 minutes pour les 4 comptoirs sont présentés à l'annexe A. La figure 3.4 présente le nombre moyen de clients par tranche de 30 minutes pour les différents comptoirs.

Dans SIMIO, les taux d'arrivées sont modélisés avec une table pour générer des arrivées par intervalle de temps. SIMIO fonctionne avec une distribution exponentielle non stationnaire pour calculer les taux d'arrivée. Par exemple le logiciel génèrera 4 clients, en moyenne, aléatoirement entre 7h30 et 8h00, parfois moins, parfois plus.

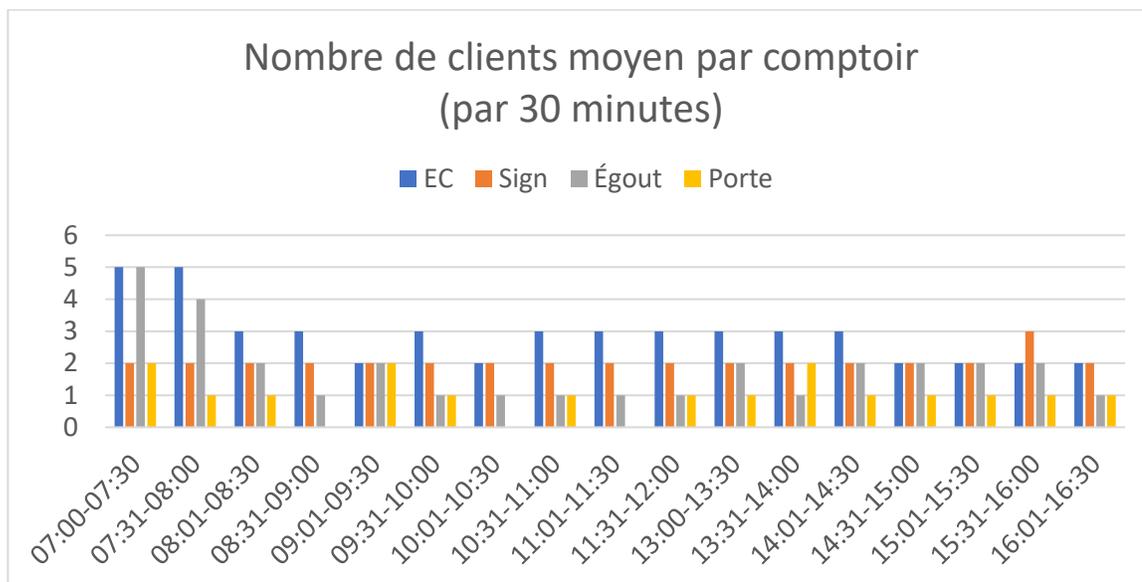


Figure 3.4 Taux d'arrivée des clients par comptoir

Le service aux comptoirs est divisé en 2 tâches pour les études de temps :

- Le service : prendre connaissance du besoin du client et aller chercher le matériel dans le magasin
- La saisie : faire la transaction de vente de matériel dans le logiciel informatique

Les clients se présentent aux différents comptoirs pour divers types de service (tableau 3.1). Les demandes de matériel planifiable sont les demandes qui pourraient être préparées à l'avance par le processus de préparation de commande informatique, celles-ci sont souvent associées aux maintenances préventives. Les demandes de matériel non-planifiables sont associées aux maintenances correctives, lors d'un bris, par exemple.

Tableau 3.1: Type de service au comptoir et ratio

Type de service au comptoir	% de clients
Demande de matériel planifiable	56%
Demande de matériel non-planifiable	11%
Retour/crédit de matériel	1%
Demande d'informations	27%
Donner du matériel déjà préparé	5%

Le tableau 3.2 présente les résultats de l'étude des temps de service et de saisie à chacun des 4 comptoirs. Plusieurs combinaisons de ces 2 temps (service et saisie) sont possibles pour un client. Pour un client se présentant seulement pour une demande d'informations, il n'y aura qu'un temps de service et pas de temps de saisie. Si le client vient pour un retour de matériel, seul le temps de saisie sera considéré. Donc, le nombre d'observations présenté au tableau 3.2 ne correspond pas nécessairement au nombre de clients. Puisque le logiciel SIMIO ne possède pas de module pour ajuster des données à des distributions, les distributions statistiques ont été déterminées avec l'Input Analyzer du logiciel de simulation à événements discrets ARENA. L'Input Analyzer permet de trouver des distributions qui s'ajustent aux données qu'on lui fournit. Le tableau 3.2 présente les distribution statistique d'ARENA qui, pour être utilisées dans SIMIO, doivent être ajustées.

Tableau 3.2 : Résultats étude de temps service comptoir

Comptoirs	Étapes	Temps moyen (en minutes)	Distribution statistique ARENA (en minutes)
Comptoir EC	Service	Temps moyen: 2,9 Min: 0,083 Max: 62,8 Nombre: 458	LOGN(2.69, 3.64)
	Saisie	Temps moyen: 1,1 Min: 0,15 Max: 7 Nombre: 278	LOGN(1.09, 0.771)
Comptoir Sign	Service	Temps moyen: 3,5 Min: 0,133 Max: 25,8 Nombre: 182	LOGN(3.48, 5.29)
	Saisie	Temps moyen: 1,33 Min: 0,233 Max: 6,1 Nombre: 103	LOGN(1.32, 1.03)
Comptoir Égout	Service	Temps moyen: 2,68 Min: 0,083 Max: 26 Nombre: 143	LOGN(2.61, 3.66)
	Saisie	Temps moyen: 1,22 Min: 0,183 Max: 21,1 Nombre: 93	LOGN(1.04, 0.875)
Comptoir Porte	Service	Temps moyen: 7,88 Min: 0,0667 Max: 41,9 Nombre: 25	EXPO(7.88)
	Saisie	Temps moyen: 2,03 Min: 0,45 Max: 11,2 Nombre: 11	LOGN(1.76, 1.88)

3.2.2 Réception de matériel

La réception du matériel comprend trois étapes :

- L'ouverture de la barrière
- L'accueil du livreur et le déchargement du matériel
- Le contrôle du matériel

Le contrôle du matériel comporte la validation de la conformité du matériel, l'entrée de matériel dans le logiciel informatique et le placement du matériel dans le magasin

Pour accéder au site de la V3R, les camions doivent demander l'ouverture de la barrière. Les livreurs (fournisseurs) doivent donc sonner pour qu'un commis leur ouvre la barrière à l'aide d'une manette. Tous les véhicules, pour de la livraison ou autre raison, doivent attendre qu'on leur ouvre la barrière pour entrer sur le site. Ce n'est donc pas 100% des ouvertures de barrière par les commis qui sont pour une réception de matériel. Donc, lors des prises de mesure, la destination finale des véhicules entrant par la barrière a été notée.

L'étude de temps s'est déroulée sur 13 journées. Par exemple, il a été observé que pour 4 jours sur 13, il y a eu 6 arrivées de camions entre 7h30 et 8h00, pour une moyenne de 2 par jour ($6/4 \text{ jours} = 1,5 \text{ camions par jour arrondi à } 2$). Les données sont présentées à l'annexe H. Les taux d'arrivée moyens des camions par heure sont présentés à la figure 3.5. Le détail des taux d'arrivée est présenté à l'annexe A.

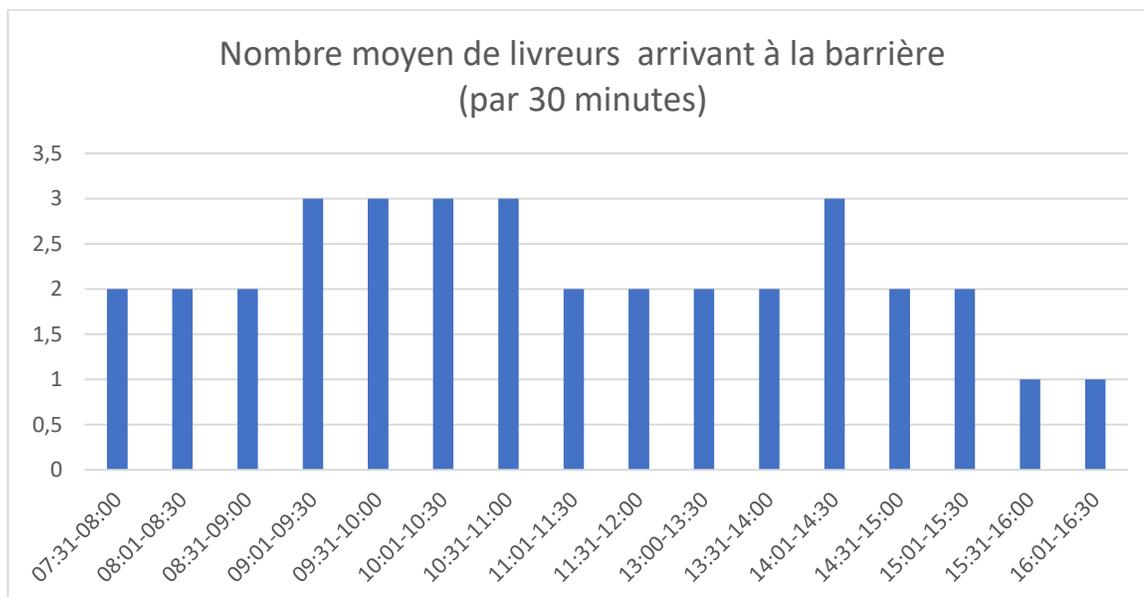


Figure 3.5 Taux d'arrivée des camions à la barrière par 30 minutes

Lors de l'accueil du livreur, le commis doit vérifier s'il doit décharger des boîtes ou une palette. Lorsque c'est une palette, le déchargement est nécessairement plus long puisqu'il nécessite un chariot élévateur.

Une fois le déchargement effectué, les boîtes et/ou palette peuvent comprendre plus d'une réception, car il peut contenir plus d'une commande par boîte et/ou palette. Le nombre de réceptions par nombre de boîtes/palette lors d'une livraison par camion a donc été mesuré. Par exemple, si 3 boîtes sont déchargées du camion et que la boîte 1 comporte deux réceptions, la boîte 2 une réception et la boîte 3 une réception alors le ratio est calculé comme suit $(2+1+1)/3 = 1,33$ réceptions en moyenne. Le tableau 3.3 présente quelques statistiques en lien avec la réception de matériel.

99% des camions arrivant à la barrière vont au magasin et 83% de ces camions concernent des déchargements de boîtes.

Tableau 3.3: Statistiques réception

Opérations	Statistiques
Ouverture de la barrière et déplacement du camion vers le magasin	99% des camions vont au magasin
Déchargement du matériel reçu	83% du matériel est dans des boites
	17% du matériel est sur des palettes
Conversion d'un déchargement en nombre de réceptions à faire	1 déchargement = 1,5 réceptions

Les prises de données ont été effectuées à deux moments distincts. Une prise de données pour l'accueil du livreur et le déchargement du matériel et une autre prise de données pour la réception du matériel. Le tableau 3.4 présente les temps pour ces trois opérations.

Tableau 3.4 : Résultats de l'étude de temps de réception du matériel

Opérations		Temps moyen (min)	Distribution statistique ARENA
Ouverture de la barrière par le commis (appuyer sur le bouton de la manette)		Temps moyen: 0,083 Nombre: 1	Temps constant de 5 sec
Accueil du livreur et déchargement du matériel	Déchargement de palettes	Temps moyen: 9,9 Min: 2,03 Max: 30,4 Nombre: 4	$2 + 29 * \text{BETA}(0.235, 0.438)$
	Déchargement de boîtes	Temps moyen: 0,687 Min: 0,283 Max: 1,23 Nombre: 10	$0.18 + 1.15 * \text{BETA}(0.671, 0.852)$
Réception du matériel		Temps moyen: 13 Min: 0,217 Max: 84,4 Nombre: 243	LOGN(13.6, 15.6)

Ces distributions ont été adaptées pour être utilisées dans le logiciel SIMIO.

3.2.3 Préparation de commandes

Le temps de préparation de commandes correspond à la somme des temps pour prendre connaissance de la commande informatisée, cueillir le matériel, mettre le matériel en boîte et faire sa transaction de vente. Les taux d'arrivée des commandes à préparer dans une journée ont été calculés à partir des données du système informatique en effectuant une moyenne par jour des 4 dernières années. Chaque matin, le gestionnaire évalue les commandes à préparer dans la journée et donne la liste aux commis. Les commis préparent une commande à la fois lorsqu'ils sont rendus à cette priorité dans leur journée. Dans le modèle de simulation, nous considérons que le gestionnaire a fait le tri à 7h00 tous les matins et qu'il y a 11 commandes en moyenne à préparer déjà dans le

système informatique. Ainsi, le logiciel générera plus ou moins 11 commandes, en moyenne, aléatoirement entre 7h00 et 7h30.

Les taux d'arrivée des commandes sont aussi présentés à l'annexe A.

Les temps de préparation des commandes ont été pris sur une journée pour un total de 15 préparations de commandes. Les temps sont présentés dans le tableau 3.5.

Tableau 3.5 : Résultats étude de temps sur la préparation de commandes

Opérations	Temps moyen (min)	Distribution statistique
Préparation de commande	Temps moyen: 15,3 Min: 4,32 Max: 35 Nombre : 15	4 + 31 * BETA(0.557, 0.971)

4 CHAPITRE 4 – MODÈLE DE SIMULATION

Pour vérifier l'impact de l'implantation éventuelle d'un ERP sur les indicateurs de performance du service de gestion des stocks et logistique, un modèle de simulation à événements discrets représentant les processus décrits au chapitre 3 a été élaboré à l'aide du logiciel de simulation Simio.

4.1 Description du modèle

4.1.1 Intrants

Dans le modèle de simulation, les entités sont créées par des objets « source », selon les taux d'arrivée présentés au chapitre 3. Dans le modèle, il y a plusieurs types d'entités. Pour le service comptoir les entités représentent des clients qui arrivent à un des 4 comptoirs pour un besoin de matériel. Pour les préparations de commandes, les entités représentent des « commandes » arrivant à un poste d'ordinateur dans le système informatique. Pour les réceptions de matériel, les entités représentent des camions qui arrivent à la barrière. Par la suite, l'entité camion se transforme en une entité boites qui doit être déchargée et réceptionnée. Le tableau 4.1 résume les entités du modèle pour les 3 grands processus.

Tableau 4.1 Entités du modèle de simulation par processus

Processus	Sous-processus	Entités
Service comptoir	Comptoir EC	Clients
	Comptoir Sign	Clients
	Comptoir Égout	Clients
	Comptoir Porte	Clients
Réception du matériel	Ouverture de la barrière	Camions
	Accueil du livreur et le déchargement du matériel	Boites
	Réception du matériel	Boites
Préparation de commande		Commande informatisée

4.1.2 Ressources

Dans le modèle de simulation, 4 commis logistiques sont représentés par des « workers » et sont des ressources. Les commis travaillent selon un des deux horaires suivants : "Ouverture" de 6h45 à 15h30 et "Fermeture" de 7h45 à 16h30. Les deux horaires prévoient deux pauses de 15 minutes à différents moments de la journée ainsi qu'une pause diner d'une heure de 12h à 13h. Il y a 2 commis à 6h45 et 2 commis à 7h45.

4.1.3 Les priorités

Les commis traitent les entités en fonction d'un système de priorité. Chaque entité a une priorité de 1 à 5 :

- Ouverture barrière : priorité 1
- Déchargement : priorité 2
- Service aux 4 comptoirs : priorité 3
- Préparation de commandes : priorité 4
- Réception du matériel: priorité 5

L'arrivée d'entités ayant une priorité plus importante (1 étant la plus importante) interrompt l'exécution des autres activités en cours par un commis. Par exemple, lorsqu'un client se présente au comptoir, si le commis est en train de faire une préparation de commande ou une réception de matériel, il cessera ce qu'il fait pour servir le client au comptoir. Par contre, une fois le service comptoir entamé, le commis doit le terminer avant d'aller à une autre priorité. Ceci est par souci de donner un bon service aux clients. Les commis doivent finir la tâche de service comptoir avant de prendre leur pause ou d'aller dîner. L'entité ayant la priorité 5, la réception du matériel, peut être interrompue par toutes les autres activités.

4.1.4 [Service comptoir](#)

Les services à chacun des comptoirs sont représentés par une boucle de simulation simple, soit une entité générée par une « *source* » allant au « *server* » afin de se faire traiter par un commis puis être recueillie dans un « *sink* ». Les taux d'arrivée des entités sont définis par une table d'arrivée présentée à l'annexe A. Chaque comptoir, représenté par un « *server* », possède sa propre file d'attente de clients. Les clients aux comptoirs, dont la priorité est 3, sont traités par les commis selon la règle FIFO.

Comme un seul client à la fois peut être servi par comptoir, la capacité de chaque « *server* » est 1. Les tâches effectuées au comptoir sont le service ainsi que la saisie informatique. Comme les temps de ces deux tâches sont différents et indépendants, le type de traitement sélectionné est le « *task sequence* ». Les temps sont ceux présentés dans le tableau 3.2. Une fois le service et la saisie terminés, l'entité client termine son trajet dans le « *sink* ». Le « *sink* » permet de recueillir des statistiques sur les entités. La figure 4.1

présente un exemple de modélisation d'un comptoir avec les objets du logiciel SIMIO. De gauche à droite, on retrouve la « source », le « server » et le « sink ». Le commis logistique est en vert au haut de l'image. Les entités, lorsqu'elles sont en attente, sont en file sur la ligne verte touchant au « server ». Les chiffres 11 et 10 représentent respectivement le nombre d'entités à un moment X ayant été générés par la « source » et le nombre d'entité dans le « sink ». Nous pouvons voir qu'il y a présentement une entité en cours de traitement dans le « server ». Les 4 comptoirs sont modélisés de cette façon.

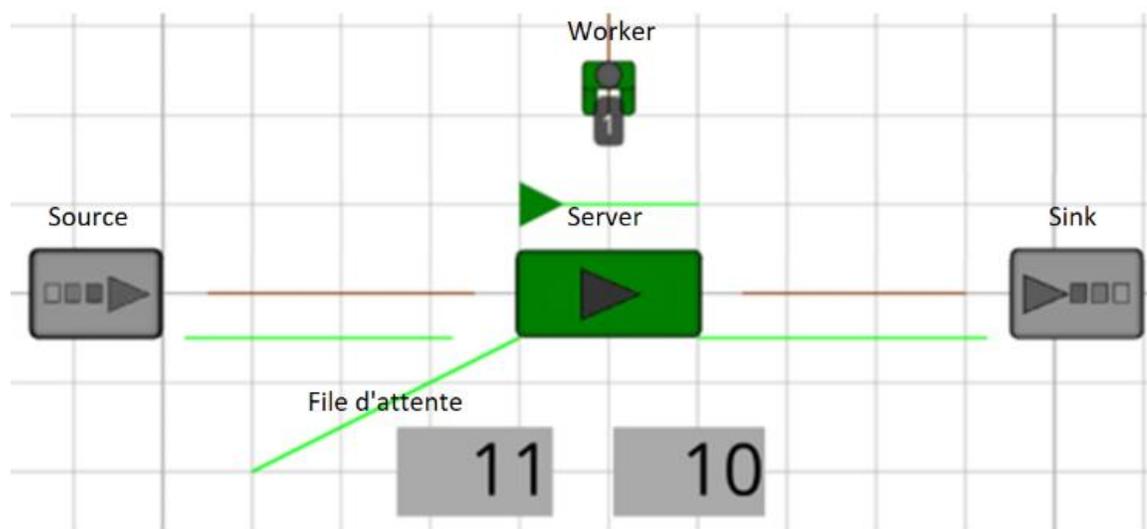


Figure 4.1: Modèle de simulation, représentation d'un comptoir

4.1.5 [Réception du matériel](#)

Dans ce processus, une « source » génère des entités qui représentent les camions qui arrivent à la barrière. Cette entité est ensuite traitée par le « server » d'ouverture de la barrière. À cette étape, 99% des camions se rendent à l'approvisionnement (1% des camions vont ailleurs sur le site de la ville). Les camions allant à l'approvisionnement

passent alors au « *server* » représentant le déchargement. Par la suite, pour chaque camion déchargé, le « *server* » représentant la réception du matériel reçoit en moyenne 1,5 fois plus d'entités tel que précisé au tableau 3.3. Ceci s'effectue dans le modèle grâce à un « séparateur » qui reçoit une seule entité et qui la transforme, selon le ratio établi, en 1,5 entités. Les entités de priorité 1 (ouvertures de la barrière), 2 (déchargements) et 5 (réceptions de matériel) sont traités en FIFO dans leur « *server* » puisqu'il est possible d'ouvrir la barrière et de décharger un seul camion à la fois. Pour ce qui est de la réception du matériel, le « *server* » a une capacité de 4 pour que les 4 commis puissent faire des réceptions en simultanément chacun à son poste de travail, s'ils n'ont pas d'autres tâches de plus grande priorité à faire. La figure 4.2 présente les 3 sous-processus de la réception de matériel. En rouge, le processus d'ouverture de barrière aux camions, en orange le déchargement du matériel et en jaune la réception du matériel.

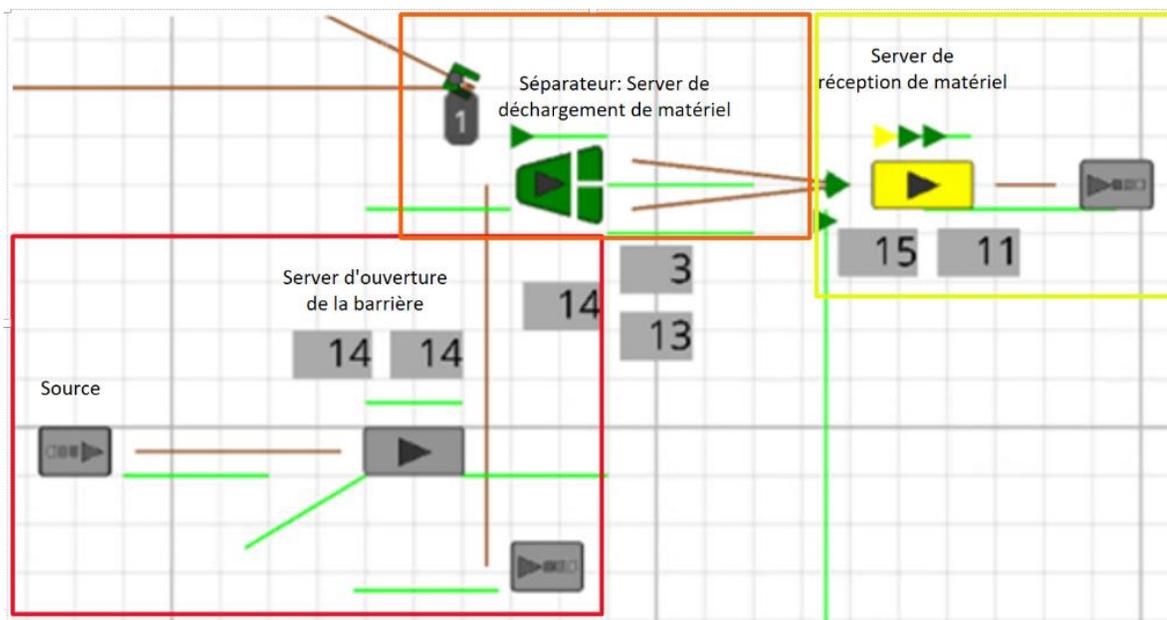


Figure 4.2: Modèle de simulation, représentation des étapes d'une réception

4.1.6 Préparation de commandes

Le même processus que celui du service comptoir est utilisé afin de représenter la préparation de commande. Comme il s'agit d'un processus informatique, les entités représentent les commandes arrivant via le système informatique ayant une priorité de 4 pour les commis. Une table contenant des taux d'arrivée dicte à la « source » de générer 11 entités à 7h. Comme chaque commis peut prendre en charge une commande, la capacité du « server » est de 4. La figure 4.3, présente le processus de préparation de commandes avec les éléments de la simulation.

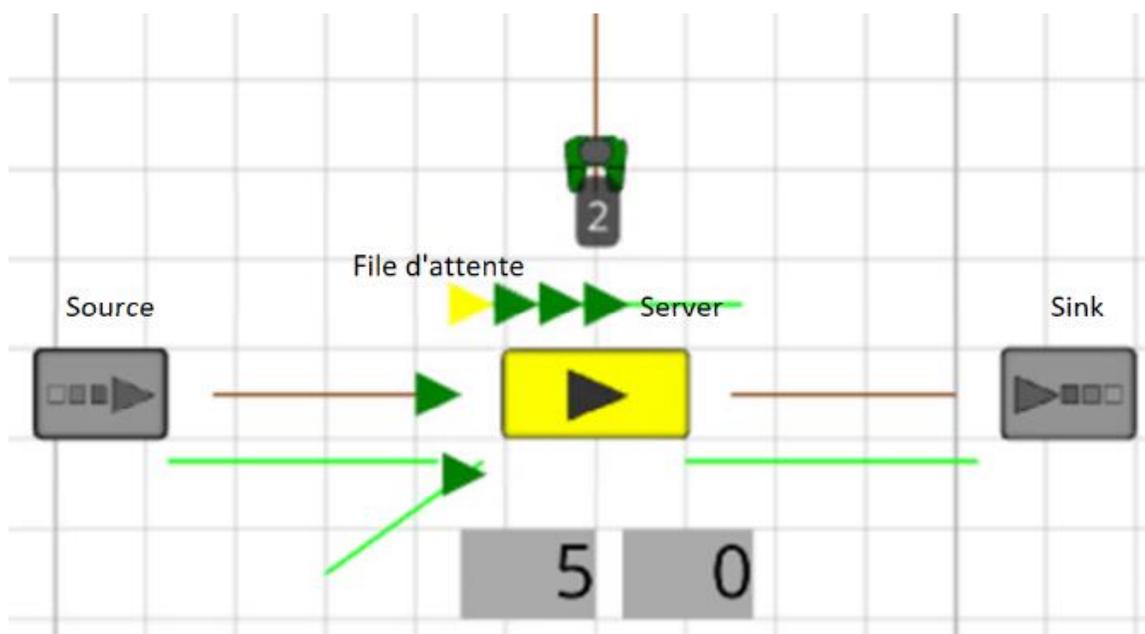


Figure 4.3: Modèle de simulation, représentation d'une préparation de commande

Finalement, les commis se déplacent en suivant un trajet préalablement défini selon l'aménagement actuel du magasin pour effectuer les 3 grands processus. Sur la figure 4.4, les trajets suivis par les commis sont représentés par les lignes brunes. Ces lignes représentent les allées que les commis peuvent emprunter pour se déplacer dans le magasin. Les mesures ont été prises et mises dans le logiciel pour représenter la réalité. Le plan, dans le logiciel, n'est pas à l'échelle visuellement. Cependant, les trajets sont

faits selon les distances réelles, dans le logiciel. La figure 4.4 montre un aperçu de la représentation du modèle complet.

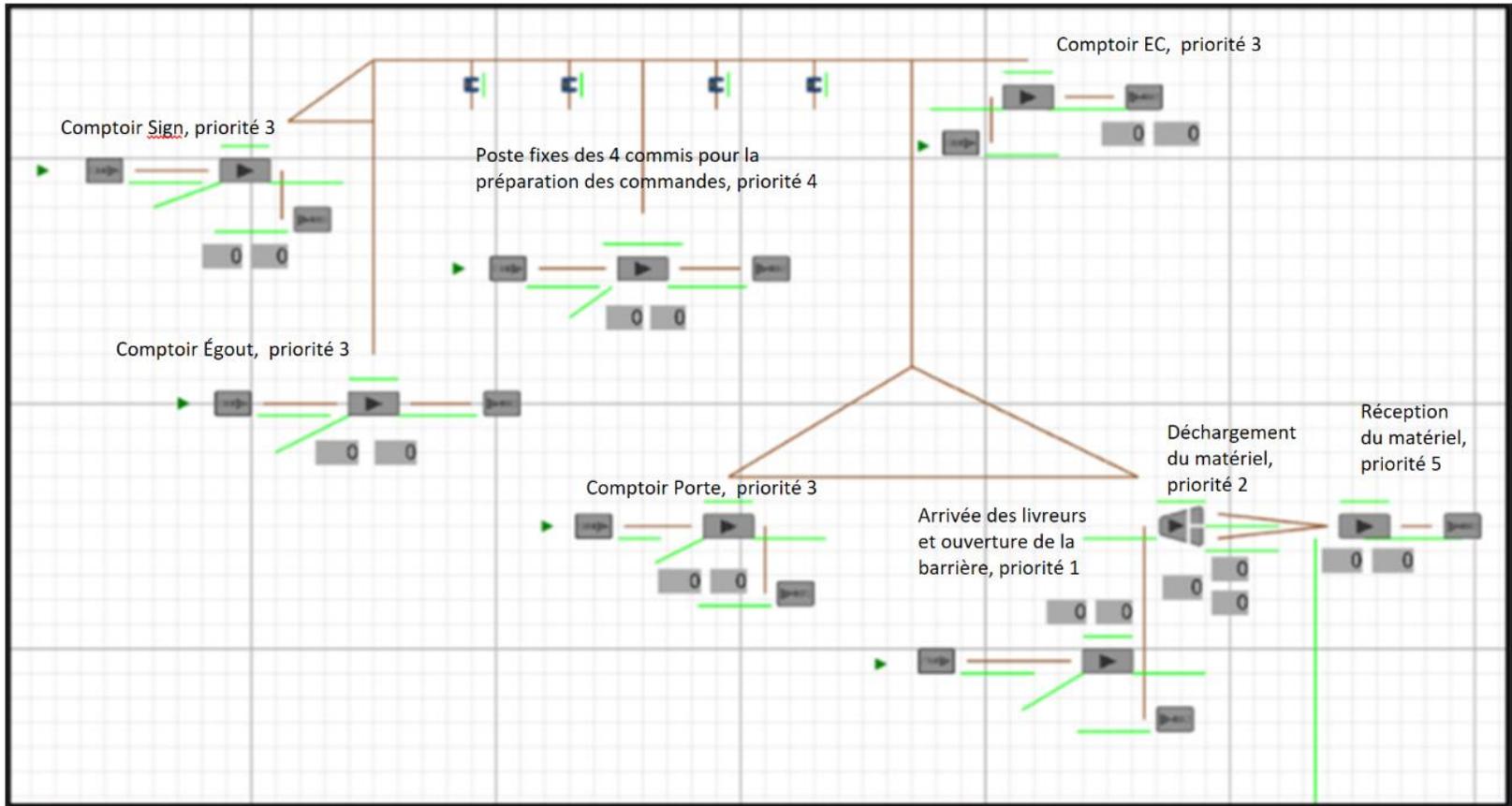


Figure 4.4 Modèle de simulation, représentation des trajets des commis

4.2 Vérification et validation du modèle

La vérification d'un modèle de simulation consiste à s'assurer que le modèle est exempt d'erreurs. Pour ce faire, nous avons vérifié que le nombre moyen d'entités (clients/commandes/réceptions) théorique correspondait au nombre moyen d'entités généré lors de la simulation (tableau 4.2). Par exemple, pour le comptoir EC, le taux d'arrivée par jour est de 49 (voir la figure 3.4) multiplié par 20 jours, ce qui donne 980 clients en théorie. Le nombre de clients générés par le modèle est de 976 ce qui représente un écart de 0,4%.

Tableau 4.2 Nombre d'entités créées théoriquement et expérimentalement.

« Server »	Nombre d'entités théorique	Nombre d'entités simulé	Écart (%)
Comptoir EC	980	976	0,4%
Comptoir Signalisation	700	732	4,6%
Comptoir Égout	620	614	1,0%
Comptoir Porte	340	346	1,8%
Préparation de commandes	220	212	3,6%
Réception	840	879	4,6%

Les écarts sont jugés acceptables et démontrent que le nombre d'entités créées par le modèle représentent bien la réalité de la situation actuelle. Donc, ce modèle peut être utilisé pour poursuivre les objectifs de cette étude.

Finalement nous avons vérifié que les temps simulés correspondaient à ceux obtenus par l'étude de temps. Le tableau 4.3 présente la comparaison de ces temps. Nous avons simulé indépendamment chaque processus pour que le modèle ne tienne pas compte des priorités pour ainsi valider nos temps pour chaque processus individuellement. Les

plus grands écarts peuvent s'expliquer par le fait que nous avons moins de données recueillis pour le comptoir porte et les réceptions. La variabilité des données pour ces deux processus est donc plus grande.

Tableau 4.3 Comparaison de l'étude de temps et du modèle de simulation

Variables dépendantes		Étude de temps (min)	Temps simulé (min)	Écarts (%)
Temps moyen pour le service comptoir (min)	EC	4	3,77	6,10%
	Signalisation	4,83	4,78	1,05%
	Égout	3,9	3,8	2,63%
	Porte	9,91	8,9	11,35%
Moyenne		5,6	5,3	5,66%
Temps moyen pour la préparation de commandes		15,3	14,4	6,25%
Temps moyen pour la réception		13	14,7	11,56%

La validation d'un modèle de simulation consiste à s'assurer que les résultats obtenus correspondent aux résultats observés sur le terrain. Habituellement, la validation se fait en comparant des variables dépendantes (ex : temps de passage, nombre de clients servis, taux d'utilisation des ressources, etc.) observées sur le terrain avec les résultats de la simulation. Dans notre cas, nous avons utilisé le taux d'utilisation des commis pour faire la validation du modèle de simulation. Comme mentionné précédemment, chaque commis travaille 7,25 heures par jour. Chaque commis est dégagé 1h par jour pour réaliser d'autres tâches (prise d'inventaire, entretien des lieux, ouverture et fermeture du magasin, différentes rencontres d'opérations, etc.) non prises en compte dans le modèle de simulation. Donc, sur une journée de 7,25 heures, ils en travaillent 6,25 sur les 3 processus et le reste de leur temps est consacré à faire les autres tâches. Les pauses et les diner sont exclus des calculs ainsi que du modèle de simulation. C'est donc dire

que les commis consacrent 86% (6,25h/7,25h) de leur temps aux tâches de service aux comptoirs, préparation de commandes et réception de matériel. Le tableau 4.4 présente les taux d'utilisation des commis obtenus avec le modèle de simulation.

Tableau 4.4 Résultats simulés des taux d'utilisation des commis

Variables dépendantes		Taux d'utilisation simulé (%)	Taux d'utilisation estimé par le gestionnaire (%)
Taux d'utilisation (%)	Commis 1	90,4	86
	Commis 2	90,1	
	Commis 3	87,5	
	Commis 4	87,5	
Moyenne totale taux d'utilisation commis (%)		88,9	

Les taux d'utilisation estimé par le gestionnaire et simulés sont très proches, ce qui signifie que le modèle de simulation est valide. Le modèle validé est appelé le modèle de base et représente la situation actuelle des opérations au service de la gestion des stocks de la V3r.

4.3 Simulation du modèle de base et résultats

Le modèle de base a été simulé sur 480 heures, ce qui correspond à une période d'un mois (24h par jour pendant 5 jours pendant 4 semaines). 30 répliques de 480 heures ont été exécutées afin d'obtenir des résultats identiquement distribués et indépendants (IID). Le tableau 4.5 présente un résumé de la simulation de la situation actuelle.

Tableau 4.5 Résumé de la simulation de la situation actuelle

Variables dépendantes		Situation actuelle
Taux d'utilisation (%)	Commis 1	90,4
	Commis 2	90,1
	Commis 3	87,5
	Commis 4	87,5
Moyenne taux d'utilisation commis (%)		88,9
Temps de service des clients (min)	EC	14,0
	Signalisation	17,4
	Égout	12,5
	Porte	21,2
Moyenne temps de service (min)		16,3
Temps incluant les temps d'arrêt (min)	Préparation de commandes	80,2
	Réception	137,9

4.4 Expérimentation et variables de recherche

Le modèle de base servira à faire différentes expérimentations afin de mesurer l'impact de l'implantation d'un ERP sur la productivité des processus de la gestion des stocks et de la logistique. Les variables indépendantes que nous ferons varier au cours de l'expérimentation sont donc en lien avec l'implantation d'un ERP. Les variables indépendantes qui seront affectées par les changements provoqués par l'implantation du ERP sont les temps et les taux d'arrivée :

- Temps de service des clients aux différents comptoirs
- Temps des réceptions du matériel
- Temps de la préparation de commandes
- Taux d'arrivée des clients aux comptoirs
- Taux d'arrivée des préparations de commandes

Les variables dépendantes, présentées au tableau 4.5, permettront de mesurer la productivité des processus du service de la gestion des stocks et logistique. Trois scénarios sont testés pour évaluer l'impact de l'implantation d'un ERP sur les processus de l'approvisionnement de la Ville de Trois-Rivières. Les 3 scénarios seront basés sur l'hypothèse que le ERP est déjà implanté. Ces scénarios et leurs résultats sont présentés au chapitre suivant.

5 CHAPITRE 5 – SCÉNARIOS ET RÉSULTATS

5.1 Scénario 1 : implantation de terminaux mobiles

Dans le premier scénario, les commis seront dotés de terminaux mobiles pour effectuer leurs tâches quotidiennes. Ces terminaux permettront de faire les saisies informatiques de façon mobile dans tous les processus, sans avoir à se déplacer à un ordinateur fixe pour y entrer les données sur les produits de la commande. Dans ce scénario, les taux d'arrivée suivants demeurent les mêmes que la situation actuelle :

- Taux d'arrivée des clients aux comptoirs
- Taux d'arrivée des préparations de commandes

Par contre, les temps pour les 3 processus suivants seront optimisés grâce aux terminaux mobiles, les détails pour chacun des temps ci-dessous seront expliqués dans la prochaine section :

- Temps aux différents comptoirs : diminution
- Temps des réceptions du matériel : diminution
- Temps de la préparation de commandes : diminution

5.1.1 Temps du service comptoir

Dans la situation actuelle, le service comptoir se fait en deux temps soit le temps de service du client pour prendre sa commande et aller chercher le matériel et le temps de saisie informatique pour saisir la transaction à l'ordinateur. Dans ce scénario, le commis effectuera la saisie informatique directement sur le lieu de cueillette en scannant l'article avec le terminal mobile. Le temps de saisie devient donc nul et le temps de service demeure le même. Le tableau 5.1 présente les données des études de temps et les nouvelles distributions statistiques qui seront utilisées dans le modèle de simulation en enlevant les temps de saisie qui seront nuls dans ce scénario.

Tableau 5.1: Temps de service des comptoirs avant et après l'implantation d'un ERP

	Temps (min)		
	Avant	Après	
Comptoir EC	4,0	2,9	LOGN(2.69, 3.64)
Comptoir Sign	4,8	3,5	LOGN(3.48, 5.29)
Comptoir Égout	3,9	2,68	LOGN(2.61, 3.66)
Comptoir Porte	9,9	7,88	EXPO(7.88)

5.1.2 Temps de la réception

La situation actuelle demandait d'utiliser un poste de travail fixe pour faire la réception. Il y a beaucoup de distance à parcourir entre les lieux d'arrivée du livreur et les postes de travail. Ceci occasionne beaucoup de déplacements qui, avec ce scénario, ne sont plus nécessaires, car les réceptions pourront être faites via le terminal mobile directement sur les lieux. Le temps de déplacement est évalué à 61 secondes. Ce temps est constant sur toutes les réceptions car il représente la distance de marche de leur poste de travail au quai de déchargement. Donc, nous avons enlevé 61 secondes sur chacun des temps de l'étude de temps initial pour avoir les nouveaux temps. Le tableau 5.2 présente les temps et les nouvelles distributions statistiques utilisés dans le modèle de simulation.

Tableau 5.2: Temps des réceptions avant et après l'implantation d'un ERP

	Réceptions	
	Avant	Après
Temps (min)	13	12,3
Distribution statistique associée au temps	LOGN(13.6, 15.6)	LOGN(12.9, 16.3)

5.1.3 Temps de préparation des commandes

Les terminaux/lecteurs de code à barre mobiles seront aussi très efficaces pour la préparation des commandes. Ils permettront de gagner du temps de saisie informatique étant donné que la transaction pourra se faire directement en scannant les produits directement avec le terminal mobile. Pour avoir des temps sur les nouveaux processus, les temps de saisie informatique, qui étaient de 82 secondes, ont été retirés de l'étude de temps initial. Le tableau 5.3 présente les données des études de temps et les nouvelles distributions statistiques qui seront utilisées dans le modèle de simulation.

Tableau 5.3: Temps des préparations de commandes avant et après l'implantation d'un ERP

	Préparation de commandes	
	Avant	Après
Temps (min)	15,3	13,9
Distribution statistique associée au temps	$4 + 31 * \text{BETA}(0.557, 0.971)$	$2+32* \text{Beta}(0.692, 1,02)$

Les résultats complets du scénario 1 sont présentés dans le tableau 5.4.

Tableau 5.4: Résultats du scénario 1

Variables dépendantes		Situation actuelle	Scénario 1	% d'amélioration
Taux d'utilisation (%)	Commis 1	90,4	79,3	12%
	Commis 2	90,1	78,7	13%
	Commis 3	87,5	75,7	13%
	Commis 4	87,5	74,9	14%
Moyenne totale taux d'utilisation commis (%)		88,9	77,1	13%
Temps de service des clients (min)	EC	14,0	8,5	40%
	Signalisation	17,4	10,3	40%
	Égout	12,5	6,8	46%
	Porte	21,2	13,5	36%
Moyenne totale temps de service (min)		16,3	9,8	40%
Temps incluant les temps d'arrêt (min)	Préparation de commandes	80,2	63,5	21%
	Réception	137,9	71,0	48%

Ce qu'on peut conclure du scénario 1 c'est que lorsqu'un système ERP est implanté avec un terminal mobile pour effectuer les transactions, l'augmentation de la productivité est indéniable. Les commis auraient environ 13% plus de temps dans leur journée pour effectuer d'autres tâches à valeur ajoutée. Aussi, l'impact sur l'expérience client est majeur. En moyenne, les clients seront servis 40% plus rapidement. Ceci aura un impact au niveau de l'approvisionnement, mais aussi dans tous les autres départements servant les clients. Nous pouvons aussi voir l'impact de la réduction des temps de service comptoir sur les temps des réceptions et de préparation de commandes qui, eux, dépendent du nombre de fois qu'ils seront interrompus durant leur travail.

5.2 Scénario 2 : Ajout d'un module intégré de planification des opérations

Ce scénario sera axé sur l'interopérabilité des systèmes dans un ERP. La force d'un ERP est de pouvoir interagir avec plusieurs modules différents tous intégrés au même système et partageant les mêmes données. Dans notre cas, le module ajouté gère la planification des opérations des clients.

Dans la situation actuelle, les clients viennent chercher leur matériel au comptoir juste avant d'aller faire leur tâche. Ceci peut occasionner beaucoup de mouvements dans la planification d'une journée puisque si le matériel requis est en rupture de stock au moment où ils se présentent au comptoir, ils ne pourront pas effectuer leurs tâches dans la journée. La planification de la journée est donc à refaire et ceci occasionne beaucoup de perte de temps. Donc, la planification des opérations dans le système ERP aura pour effet de réduire le nombre de présences au comptoir en envoyant une réservation (préparation de commande) en amont. Ceci permettra à l'approvisionnement de préparer le matériel avant la journée durant laquelle la tâche doit être réalisée. La tâche ne sera pas mise à l'horaire tant que le matériel n'est pas prêt à être cueilli. Ceci aura pour effet d'augmenter le nombre de préparations de commandes et de diminuer le nombre de clients au comptoir. Ceci permettra aux commis de préparer les commandes lorsqu'ils ont des temps libres dans la journée. En diminuant le nombre de clients aux différents comptoirs, qui ont une priorité plus élevée, ceci donnera plus de temps aux commis pour accomplir une tâche à la fois sans se faire interrompre.

Dans le scénario 2, les taux d'arrivées suivants seront modifiés et ils sont présentés à l'annexe B :

- Taux d'arrivée des clients aux comptoirs : diminution
- Taux d'arrivée des préparations de commandes : augmentation

Les temps suivants sont les mêmes que ceux du scénario 1.

- Temps aux différents comptoirs
- Temps des réceptions du matériel
- Temps de la préparation de commandes

Dans le tableau 5.5, les données des services aux comptoirs ont été vérifiées pour enlever toutes les demandes en besoins de matériel qui auraient pu être planifiées d'avance. Ceci a réduit de 56% le nombre de clients venant aux comptoirs. Il n'est pas possible que 100% des demandes des clients venant aux comptoirs soient planifiées d'avance puisqu'il reste les commandes urgentes. Par exemple, si un bris d'aqueduc survient, il doit être réparé rapidement dans la même journée et les commis doivent pouvoir fournir les pièces.

Tableau 5.5: Type de service comptoir et ratio pour le scénario 2

Type de service au comptoir	Situation actuelle	Scénario 2
Demande de matériel planifiable	56%	-
Demande de matériel non-planifiable	11%	11%
Retour/crédit de matériel	1%	1%
Demande d'informations	27%	27%
Donner du matériel déjà préparé	5%	5%
Total	100%	44%

Suite à l'analyse des données des services aux comptoirs, il a été estimé que :

- Le nombre de clients venant aux comptoirs diminuera de 56%
- Les préparations de commandes augmenteront de 56%

Les résultats complets du scénario 2 sont présentés dans le tableau 5.6.

Tableau 5.6 Résultats du scénario 2

Variables dépendantes		Situation actuelle	Scénario 2	% d'amélioration entre le scénario 2 et la situation actuelle	% d'amélioration entre les scénarios 2 et 1
Taux d'utilisation (%)	Commis 1	90,4	66,3	27%	16%
	Commis 2	90,1	69,6	23%	11%
	Commis 3	87,5	66,8	24%	12%
	Commis 4	87,5	65,1	26%	13%
Moyenne totale taux d'utilisation commis (%)		88,9	67,0	25%	13%
Temps de service des clients (min)	EC	14,0	3,7	73%	56%
	Signalisation	17,4	4,2	76%	60%
	Égout	12,5	4,8	62%	30%
	Porte	21,2	9,1	57%	33%
Moyenne totale temps de service (min)		16,3	5,4	67%	44%
Temps incluant les temps d'arrêt (min)	Préparation de commandes	80,2	59,3	26%	7%
	Réception	137,9	45,0	67%	37%

Dans le scénario 2, on constate une amélioration des temps en comparaison du scénario 1 et aussi par rapport à la situation actuelle. Les commis ont encore plus de temps pour faire de nouvelles tâches (13%) que dans le scénario 1 et les clients sont servis encore plus rapidement (44%) que le scénario 1. On peut donc conclure que la diminution des services comptoir en échange d'une augmentation des préparations de commande a un impact significatif sur la productivité du service de la gestion des stocks et la logistique. Aussi, les temps des réceptions et des préparations de commandes diminuent encore grâce au nombre de clients se présentant aux comptoirs qui a diminué. Les interruptions de tâches ont aussi diminué pour ces 2 activités. Dans ce scénario, nous avons utilisé une

diminution de 56% du nombre de clients se présentant aux comptoirs et une augmentation de 56% du nombre de préparations de commandes. Donc, même en transférant le nombre de clients au comptoir, qui prennent en moyenne 5,7 minutes, à des préparations de commandes, qui prennent en moyenne 15,3 minutes, l'impact est significatif. Pour conclure, l'impact de la planification des opérations par un module intégré au ERP n'est pas négligeable.

5.3 Scénario 3 : Fonctionnement par caisse libre-service

Dans le scénario 3, le magasin sera ouvert pour l'autocueillette de matériel par les clients. Donc, les clients utiliseront le magasin comme une épicerie. Ils vont cueillir leur matériel dans le magasin et procéderont eux-mêmes au paiement à la sortie. Les caisses libre-service sont de plus en plus répandues dans les magasins de vente au détail. Cette façon de faire pourrait permettre de gagner du temps pour l'approvisionnement puisque, dans ce scénario, les clients ont accès au magasin et procèdent à la sortie de matériel eux-mêmes. Les commis ne sont plus nécessaires au service comptoir dans ce scénario. Cependant, le système utilisé pour le libre-service ne doit pas augmenter le temps de service pour les clients. Le temps passé au magasin par les clients doit être égal au temps que les clients attendent que le commis exécute la tâche à leur place normalement dans les autres scénarios. Pour la simulation, nous avons fait l'hypothèse que ces 2 temps étaient égaux. Cependant, en pratique, les clients auraient une période d'adaptation pour connaître le magasin et l'emplacement des différentes pièces.

Dans ce scénario, les temps et taux d'arrivée suivants restent les mêmes que le scénario 1.

- Temps aux différents comptoirs
- Temps des réceptions du matériel
- Temps de la préparation de commandes
- Taux d'arrivée des préparations de commandes

Dans ce scénario, aucun module de planification des opérations n'est intégré. Donc, les taux d'arrivée pour les préparations de commandes restent les mêmes que la situation initiale.

Le taux d'arrivée des clients aux comptoirs sera très affecté par ce scénario, car toutes les demandes de matériel planifiable, non-planifiable, ainsi que les matériels déjà préparés seront retirés de la simulation, puisqu'elles se feront par les clients. Il ne restera que les demandes d'informations sur du matériel ou des retours de matériel. Le tableau 5.7 présente les données des services aux comptoirs pour le scénario 3. Donc, le taux d'arrivée des clients aux comptoirs a été réduit de 72%. Les taux d'arrivée sont présentés à l'annexe C.

Tableau 5.7: Type de service au comptoir et ratio pour le scénario 3

Type de service au comptoir	% de clients	Scénario 3
Demande de matériel planifiable	56%	-
Demande de matériel non-planifiable	11%	-
Retour/crédit de matériel	1%	1%
Demande d'informations	27%	27%
Donner du matériel déjà préparé	5%	-
Total	100%	28%

Les résultats complets du scénario 3 sont présentés dans le tableau 5.8.

Tableau 5.8 Résultats du scénario 3

Variables dépendantes		Situation actuelle	Scénario 3	% d'amélioration entre le scénario 3 et la situation actuelle	% d'amélioration entre les scénarios 3 et 1
Taux d'utilisation (%)	Commis 1	90,4	54,7	40%	31%
	Commis 2	90,1	60,6	33%	23%
	Commis 3	87,5	58,7	33%	23%
	Commis 4	87,5	53,3	39%	29%
Moyenne totale taux d'utilisation commis (%)		88,9	56,8	36%	26%
Temps de service des clients (min)	EC	14,0	3,0	78%	64%
	Signalisation	17,4	3,1	82%	70%
	Égout	12,5	3,3	74%	52%
	Porte	21,2	8,8	58%	35%
Moyenne totale temps de service (min)		16,3	4,6	72%	53%
Temps incluant les temps d'arrêt (min)	Préparation de commandes	80,2	41,4	48%	35%
	Réception	137,9	30,6	78%	57%

Le scénario 3 est le plus concluant sur tous les aspects. Il y a une amélioration des temps sur le scénario 1 et aussi sur la situation actuelle. Les commis ont encore plus de temps pour de nouvelles tâches (26%) que dans le scénario 1 et les clients sont servis encore plus rapidement (53%) que le scénario 1. On peut voir que la diminution du nombre de clients aux comptoirs a un impact significatif sur la productivité de l'approvisionnement. Aussi, les temps des réceptions et des préparations de commandes diminuent encore grâce au nombre de clients aux comptoirs qui a diminué drastiquement. Pour conclure, le principe d'une caisse libre-service, utilisé par les clients, a un impact significatif sur la

productivité du service de la gestion des stocks et logistique. Par contre, il ne faut pas négliger que du côté des clients, l'utilisation de la caisse libre-service doit se faire le plus facilement possible pour limiter les pertes de temps de leur côté. On prend comme hypothèse que les clients attendent normalement derrière le comptoir pendant tout le temps de l'exécution du processus par un commis. Donc, dans ce scénario, au lieu d'attendre, il effectuera lui-même la cueillette et la transaction de sortie du matériel, ce qui n'a aucun impact sur leur temps passé au magasin, en gardant en tête l'hypothèse que le temps est le même que pour un commis pour effectuer la tâche.

5.4 Résumé des résultats

Le tableau 5.9 présente un résumé des caractéristiques des différents scénarios.

Tableau 5.9 Résumé des caractéristiques de chaque scénario

	Situation actuelle	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Temps des comptoirs	Pas d'appareil mobile	Ajout d'appareil mobile	Ajout d'appareil mobile	Ajout d'appareil mobile
Temps des réceptions	Pas d'appareil mobile	Ajout d'appareil mobile	Ajout d'appareil mobile	Ajout d'appareil mobile
Temps des préparations de commandes	Pas d'appareil mobile	Ajout d'appareil mobile	Ajout d'appareil mobile	Ajout d'appareil mobile
Taux d'arrivée des comptoirs	Taux d'arrivée normal	Comme situation actuelle	Ajout module de maintenance : Diminution de 56%	Caisse libre-service : Diminution de 72%
Taux d'arrivée des préparations de commandes	Taux d'arrivée normal	Comme situation actuelle	Ajout module de maintenance : Augmentation de 56%	Comme situation actuelle

Le tableau 5.10 résume les résultats des 3 scénarios selon chacune des variables dépendantes évaluées. Les meilleurs résultats sont en vert.

Tableau 5.10 Résultats des 3 scénarios simulés

Variables dépendantes		Situation actuelle	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Taux d'utilisation (%)	Commis 1	90,4	79,3	66,3	54,7
	Commis 2	90,1	78,7	69,6	60,6
	Commis 3	87,5	75,7	66,8	58,7
	Commis 4	87,5	74,9	65,1	53,3
Moyenne totale taux d'utilisation commis (%)		88,9	77,1	67,0	56,8
Temps de service des clients (min)	EC	14,0	8,5	3,7	3,0
	Signalisation	17,4	10,3	4,2	3,1
	Égout	12,5	6,8	4,8	3,3
	Porte	21,2	13,5	9,1	8,8
Moyenne totale temps de service (min)		16,3	9,8	5,4	4,6
Temps incluant les temps d'arrêt (min)	Préparation de commandes	80,2	63,5	59,3	41,4
	Réception	137,9	71,0	45,0	30,6

5.4.1 Analyse des résultats des scénarios

Le scénario ayant le plus grand gain pour le service de la gestion des stocks et logistique de l'approvisionnement est nécessairement le scénario 3 (caisse libre-service). Le pourcentage d'amélioration des temps pour chacun des 3 grands processus sont généralement beaucoup plus courts dans ce scénario. Le temps d'utilisation des commis logistique passe de 88,9% dans la situation actuelle à 56,8% dans le scénario 3. Ceci donne une grande marge de manœuvre pour l'ajout de tâches à valeur ajoutée aux commis logistique. Par contre, dans ce scénario, les changements de rôles et responsabilités entre les commis logistique et les clients n'est pas pris en compte. Le changement exigera des formations pour les clients qui devront utiliser les caisses libre-service. Une courbe d'apprentissage sera aussi à prévoir avant d'atteindre les niveaux

des résultats obtenus. De plus, il faudra prévoir une personne qui sera en charge des cas d'exceptions et de régler les problèmes qui surviennent en cours de journée. Les changements de rôles et responsabilités, les formations et la gestion du changement sont des éléments majeurs à considérer. De ce fait, le scénario 2 reste tout de même très performant et ne requiert pas de changement majeur dans les rôles et responsabilités de chacun. La différence dans le gain de temps entre le scénario 2 et le scénario 3 est moins significative si on inclut la gestion des risques suivants qui ne sont pas quantifiables:

- les changements de rôles et responsabilités
- les formations
- la gestion du changement

Le temps d'utilisation des commis logistique passe de 88,9%, dans la situation actuelle, à 67% pour le scénario 2, ce qui est un gain de temps majeur pour les commis logistiques. Les clients seront servis 67% plus rapidement. En conclusion, le gain de temps est majeur au niveau des commis logistique de l'approvisionnement mais aussi au niveau des clients qui seront servis beaucoup plus rapidement. Ce gain augmentera la productivité de la ville en entier. Les clients et les commis logistiques auront plus de temps à consacrer à des tâches à valeur ajoutée dans chacun de leur secteur.

6 CHAPITRE 6 – CONCLUSION

6.1 Synthèse de la recherche

L'objectif principal de cette recherche était de mesurer l'impact de l'implantation d'un ERP sur la productivité des processus de la gestion des stocks et de la logistique de la Ville de Trois-Rivières. À travers l'analyse de différents scénarios, nous avons évalué comment l'introduction de nouvelles technologies et de méthodes de travail pouvait influencer l'efficacité opérationnelle. Les résultats indiquent que dès l'implantation d'un ERP et d'outils de mobilité, le gain de productivité est considérable (scénario #1). Dans le premier scénario, l'introduction de terminaux mobiles a généré une amélioration significative des temps de service et une augmentation de la productivité, offrant aux commis plus de temps pour des tâches à valeur ajoutée. Une fois le ERP en place, les objectifs secondaires étaient d'étudier les impacts d'un module de planification des opérations et de l'utilisation d'une caisse libre-service. Le scénario 2 a exploré l'intégration d'un module de planification des opérations. Il a permis de réduire le nombre de clients au comptoir et d'obtenir une meilleure utilisation des commis augmentant encore une fois le gain en productivité. Enfin, le scénario de la caisse libre-service (scénario 3) a montré les gains les plus importants, avec une réduction significative du temps d'utilisation des commis et une réduction notable du délai de service d'un client. Les 3 scénarios atteignent l'objectif d'augmenter la productivité du service de la gestion des stocks et logistique de l'approvisionnement.

6.2 Contributions de la recherche

Cette étude apporte une contribution importante à la compréhension de l'impact de l'implantation d'un ERP dans le secteur municipal, qui est peu documenté dans la littérature scientifique.

Aussi, on peut voir les impacts des innovations technologiques associé aux ERP sur les processus de gestion des stocks et de la logistique. Les résultats mettent en évidence les avantages tangibles de l'automatisation et de l'optimisation des opérations, tant en termes de productivité que de satisfaction client.

6.3 Avenues futures de la recherche

Pour approfondir ces résultats, des recherches futures pourraient se concentrer sur plusieurs aspects. Il serait intéressant d'explorer davantage les implications organisationnelles et humaines de ces changements, notamment en ce qui concerne la formation du personnel et la gestion du changement. Aussi, évaluer l'impact de ce changement sur les clients en termes de productivité pourrait être intéressant. De plus, une étude approfondie de la durabilité et de la résilience des nouveaux systèmes mis en place serait bénéfique pour une mise en œuvre à long terme réussie. Cette recherche se concentre sur les effets à court terme de l'implantation d'un ERP et des nouvelles technologies. Les effets à long terme et la durabilité de ces changements nécessitent une surveillance continue au fil du temps.

En conclusion, cette recherche démontre clairement que l'adoption d'un ERP et l'intégration de technologies innovantes peuvent transformer de manière significative les opérations de gestion des stocks et de logistique, ouvrant la voie à une efficacité accrue et à une meilleure satisfaction des parties prenantes.

7 LISTE DES RÉFÉRENCES

- Ali, I., van Groenendaal, W., & Weigand, H. (2020). Enterprise resource planning systems implementation and firm performance: An empirical study. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 5(1), 1-16.
- Ba, A., & Vignon, C. (2013). Mieux gérer les incidences de l'automatisation des services : le cas des caisses libre-service. *Gestion*, 38(2), 62-70.
- Behera, A., Nayak, N., & Das, H. (2015). Performance measurement due to IT adoption. *Business Process Management Journal*, 21(4), 888-907.
- Bhandari, R. (2014). Impact of technology on logistics and supply chain management. *Journal of business and management IOSR*, 2(17), 19-24.
- Bouyzem, M., Moustakim, O., & Ahmed, T. (2021). Les avantages et les bénéfices des progiciels de gestion intégrée (ERP) à l'ère de la transformation digitale: enquête auprès des entreprises au Maroc. *Revue d'Etudes en Management et Finance d'Organisation*, 6(2), 0-16.
- Céu Alves, M. d., & Matos, S. I. A. (2013). ERP adoption by public and private organizations—a comparative analysis of successful implementations. *Journal of Business Economics and Management*, 14(3), 500-519.
- Chandiwana, T., & Pather, S. (2016). A citizen benefit perspective of municipal enterprise resource planning systems. *Electronic Journal Information Systems Evaluation*, 19(2), 85-98.
- Eller, R., Alford, P., Kallmünzer, A., & Peters, M. (2020). Antecedents, consequences, and challenges of small and medium-sized enterprise digitalization. *Journal of Business Research*, 112, 119-127.
- Fernandez, D., Zainol, Z., & Ahmad, H. (2017). The impacts of ERP systems on public sector organizations. *Procedia Computer Science*, 111, 31-36.
- Ferreira, J. J., Fernandes, C. I., & Ferreira, F. A. (2019). To be or not to be digital, that is the question: Firm innovation and performance. *Journal of Business Research*, 101, 583-590.
- Fulford, R., & Standing, C. (2014). Construction industry productivity and the potential for collaborative practice. *International journal of project management*, 32(2), 315-326.
- Gamache, S. (2019). Stratégies de mise en oeuvre de l'industrie 4.0 dans les petites et moyennes entreprises manufacturières québécoises. *Thèse de doctorat, Université du Québec à Chicoutimi*, 236 pages.
- Hasan, A., Elmualim, A., Rameezdeen, R., Baroudi, B., & Marshall, A. (2018). An exploratory study on the impact of mobile ICT on productivity in construction projects. *Built Environment Project and Asset Management*, 8(3), 320-332.

- Jie, N. X., & Kamsin, I. F. B. (2021). Self-Checkout Service with RFID Technology in Supermarket. *3rd International Conference on Integrated Intelligent Computing Communication & Security (ICIIC 2021)*, 4, 495-502.
- Johnson, V. L., Woolridge, R. W., & Bell, J. R. (2021). The impact of consumer confusion on mobile self-checkout adoption. *Journal of Computer Information Systems*, 61(1), 76-86.
- Kham, N. S. M. (2023). Performance Assessment of an ERP Application Developed for A Local Nonprofit Organization in Myanmar. *2023 IEEE Conference on Computer Applications (ICCA)*, 176-182.
- Lequeux, J.-L. (2011). Manager avec les ERP: architecture orientée services (SOA). *Editions Eyrolles*, 1, 218 pages.
- Liimatainen, K. (2008). Evaluating benefits of government enterprise architecture. *31st Information Systems Research Seminar in Scandinavia*, 1-9.
- Roztock, N., Strzelczyk, W., & Weistroffer, H. R. (2023). Enterprise systems in the public sector: driving forces and a conceptual framework. *Information Systems Management*, 40(4), 337-353.
- Shesasaayee, A., & Bhargavi, K. (2017). Design and impact of an ERP and automation model in the administration sectors. *2017 International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA)*, 690-693.

8 ANNEXES

Annexe A : Situation initiale - Taux d'arrivée des entités (par 30 minutes)

Heure de début	Heure de fin	Comptoir EC	Comptoir Sign	Comptoir Égout	Comptoir Porte	Préparation de commandes	Ouverture barrière
Jour 1, 00:00	Jour 1, 00:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 00:30	Jour 1, 01:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 01:00	Jour 1, 01:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 01:30	Jour 1, 02:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 02:00	Jour 1, 02:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 02:30	Jour 1, 03:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 03:00	Jour 1, 03:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 03:30	Jour 1, 04:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 04:00	Jour 1, 04:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 04:30	Jour 1, 05:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 05:00	Jour 1, 05:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 05:30	Jour 1, 06:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 06:00	Jour 1, 06:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 06:30	Jour 1, 07:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 07:00	Jour 1, 07:30	5	2	5	2	11	0
Jour 1, 07:30	Jour 1, 08:00	5	2	4	1	0	2
Jour 1, 08:00	Jour 1, 08:30	3	2	2	1	0	2
Jour 1, 08:30	Jour 1, 09:00	3	2	1	0	0	2
Jour 1, 09:00	Jour 1, 09:30	2	2	2	2	0	3
Jour 1, 09:30	Jour 1, 10:00	3	2	1	1	0	3
Jour 1, 10:00	Jour 1, 10:30	2	2	1	0	0	3

Heure de début	Heure de fin	Comptoir EC	Comptoir Sign	Comptoir Égout	Comptoir Porte	Préparation de commandes	Ouverture barrière
Jour 1, 10:30	Jour 1, 11:00	3	2	1	1	0	3
Jour 1, 11:00	Jour 1, 11:30	3	2	1	0	0	2
Jour 1, 11:30	Jour 1, 12:00	3	2	1	1	0	1
Jour 1, 12:00	Jour 1, 12:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 12:30	Jour 1, 13:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 13:00	Jour 1, 13:30	3	2	2	1	0	2
Jour 1, 13:30	Jour 1, 14:00	3	2	1	2	0	2
Jour 1, 14:00	Jour 1, 14:30	3	2	2	1	0	3
Jour 1, 14:30	Jour 1, 15:00	2	2	2	1	0	2
Jour 1, 15:00	Jour 1, 15:30	2	2	2	1	0	2
Jour 1, 15:30	Jour 1, 16:00	2	3	2	1	0	1
Jour 1, 16:00	Jour 1, 16:30	2	2	1	1	0	1
Jour 1, 16:30	Jour 1, 17:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 17:00	Jour 1, 17:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 17:30	Jour 1, 18:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 18:00	Jour 1, 18:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 18:30	Jour 1, 19:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 19:00	Jour 1, 19:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 19:30	Jour 1, 20:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 20:00	Jour 1, 20:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 20:30	Jour 1, 21:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 21:00	Jour 1, 21:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 21:30	Jour 1, 22:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 22:00	Jour 1, 22:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 22:30	Jour 1, 23:00	0	0	0	0	0	0

Heure de début	Heure de fin	Comptoir EC	Comptoir Sign	Comptoir Égout	Comptoir Porte	Préparation de commandes	Ouverture barrière
Jour 1, 23:00	Jour 1, 23:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 23:30	Jour 2, 00:00	0	0	0	0	0	0
	Total :	49	35	31	17	11	34

Annexe B : Scénario 2 - Ajout d'un module intégré de planification des opérations - Taux d'arrivée des entités (par 30 minutes)

Heure de début	Heure de fin	Comptoir EC	Comptoir Sign	Comptoir Égout	Comptoir Porte	Préparation de commandes	Ouverture barrière
Jour 1, 00:00	Jour 1, 00:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 00:30	Jour 1, 01:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 01:00	Jour 1, 01:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 01:30	Jour 1, 02:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 02:00	Jour 1, 02:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 02:30	Jour 1, 03:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 03:00	Jour 1, 03:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 03:30	Jour 1, 04:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 04:00	Jour 1, 04:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 04:30	Jour 1, 05:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 05:00	Jour 1, 05:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 05:30	Jour 1, 06:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 06:00	Jour 1, 06:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 06:30	Jour 1, 07:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 07:00	Jour 1, 07:30	2	1	2	1	17	0
Jour 1, 07:30	Jour 1, 08:00	2	1	2	0	0	2
Jour 1, 08:00	Jour 1, 08:30	1	1	1	1	0	2
Jour 1, 08:30	Jour 1, 09:00	1	1	1	0	0	1
Jour 1, 09:00	Jour 1, 09:30	1	1	1	1	0	3
Jour 1, 09:30	Jour 1, 10:00	1	1	0	0	0	2
Jour 1, 10:00	Jour 1, 10:30	1	1	1	0	0	3
Jour 1, 10:30	Jour 1, 11:00	1	1	0	1	0	2
Jour 1, 11:00	Jour 1, 11:30	1	1	1	0	0	2

Heure de début	Heure de fin	Comptoir EC	Comptoir Sign	Comptoir Égout	Comptoir Porte	Préparation de commandes	Ouverture barrière
Jour 1, 11:30	Jour 1, 12:00	1	1	0	0	0	1
Jour 1, 12:00	Jour 1, 12:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 12:30	Jour 1, 13:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 13:00	Jour 1, 13:30	1	1	1	0	0	0
Jour 1, 13:30	Jour 1, 14:00	1	1	1	1	0	2
Jour 1, 14:00	Jour 1, 14:30	1	1	1	0	0	2
Jour 1, 14:30	Jour 1, 15:00	1	1	1	1	0	2
Jour 1, 15:00	Jour 1, 15:30	1	1	1	0	0	1
Jour 1, 15:30	Jour 1, 16:00	1	1	1	1	0	2
Jour 1, 16:00	Jour 1, 16:30	1	1	0	0	0	1
Jour 1, 16:30	Jour 1, 17:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 17:00	Jour 1, 17:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 17:30	Jour 1, 18:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 18:00	Jour 1, 18:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 18:30	Jour 1, 19:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 19:00	Jour 1, 19:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 19:30	Jour 1, 20:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 20:00	Jour 1, 20:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 20:30	Jour 1, 21:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 21:00	Jour 1, 21:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 21:30	Jour 1, 22:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 22:00	Jour 1, 22:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 22:30	Jour 1, 23:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 23:00	Jour 1, 23:30	0	0	0	0	0	0

Heure de début	Heure de fin	Comptoir EC	Comptoir Sign	Comptoir Égout	Comptoir Porte	Préparation de commandes	Ouverture barrière
Jour 1, 23:30	Jour 2, 00:00	0	0	0	0	0	0
	Total :	19	17	15	7	17	28

Annexe C : Scénario 3 - Fonctionnement par caisse libre-service – Taux d'arrivée des entités (par 30 minutes)

Heure de début	Heure de fin	Comptoir EC	Comptoir Sign	Comptoir Égout	Comptoir Porte	Préparation de commandes	Ouverture barrière
Jour 1, 00:00	Jour 1, 00:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 00:30	Jour 1, 01:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 01:00	Jour 1, 01:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 01:30	Jour 1, 02:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 02:00	Jour 1, 02:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 02:30	Jour 1, 03:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 03:00	Jour 1, 03:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 03:30	Jour 1, 04:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 04:00	Jour 1, 04:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 04:30	Jour 1, 05:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 05:00	Jour 1, 05:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 05:30	Jour 1, 06:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 06:00	Jour 1, 06:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 06:30	Jour 1, 07:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 07:00	Jour 1, 07:30	1	1	1	1	11	0
Jour 1, 07:30	Jour 1, 08:00	2	0	1	1	0	2
Jour 1, 08:00	Jour 1, 08:30	1	1	1	0	0	2
Jour 1, 08:30	Jour 1, 09:00	1	0	0	0	0	1
Jour 1, 09:00	Jour 1, 09:30	0	1	0	1	0	3
Jour 1, 09:30	Jour 1, 10:00	1	0	0	0	0	2
Jour 1, 10:00	Jour 1, 10:30	1	1	1	0	0	3
Jour 1, 10:30	Jour 1, 11:00	1	0	0	0	0	2

Heure de début	Heure de fin	Comptoir EC	Comptoir Sign	Comptoir Égout	Comptoir Porte	Préparation de commandes	Ouverture barrière
Jour 1, 11:00	Jour 1, 11:30	1	1	0	0	0	2
Jour 1, 11:30	Jour 1, 12:00	1	0	0	0	0	1
Jour 1, 12:00	Jour 1, 12:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 12:30	Jour 1, 13:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 13:00	Jour 1, 13:30	1	1	1	0	0	0
Jour 1, 13:30	Jour 1, 14:00	1	0	1	1	0	2
Jour 1, 14:00	Jour 1, 14:30	1	1	0	0	0	2
Jour 1, 14:30	Jour 1, 15:00	0	0	1	0	0	2
Jour 1, 15:00	Jour 1, 15:30	1	1	0	1	0	1
Jour 1, 15:30	Jour 1, 16:00	0	1	1	0	0	2
Jour 1, 16:00	Jour 1, 16:30	1	0	0	0	0	1
Jour 1, 16:30	Jour 1, 17:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 17:00	Jour 1, 17:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 17:30	Jour 1, 18:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 18:00	Jour 1, 18:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 18:30	Jour 1, 19:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 19:00	Jour 1, 19:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 19:30	Jour 1, 20:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 20:00	Jour 1, 20:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 20:30	Jour 1, 21:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 21:00	Jour 1, 21:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 21:30	Jour 1, 22:00	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 22:00	Jour 1, 22:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 22:30	Jour 1, 23:00	0	0	0	0	0	0

Heure de début	Heure de fin	Comptoir EC	Comptoir Sign	Comptoir Égout	Comptoir Porte	Préparation de commandes	Ouverture barrière
Jour 1, 23:00	Jour 1, 23:30	0	0	0	0	0	0
Jour 1, 23:30	Jour 2, 00:00	0	0	0	0	0	0
	Total :	15	9	8	5	11	28

Annexe D : Répartition des données (par jour) – Comptoir EC

Heure / Jour	Somme de clients pour les jours de prise de données	Nombre de jour de prises de données	Moyenne, taux d'arrivée, arrondi supérieur
07:00-07:30	41	10	5
07:31-08:00	50	12	5
08:01-08:30	32	14	3
08:31-09:00	28	13	3
09:01-09:30	19	10	2
09:31-10:00	22	10	3
10:01-10:30	20	10	2
10:31-11:00	34	12	3
11:01-11:30	24	11	3
11:31-12:00	19	7	3
13:00-13:30	29	12	3
13:31-14:00	22	9	3
14:01-14:30	25	11	3
14:31-15:00	9	7	2
15:01-15:30	16	8	2
15:31-16:00	17	9	2
16:01-16:30	12	7	2

Annexe E : Répartition des prises de données (par jour) – Comptoir Sign

Heure / Jour	Somme de clients pour les jours de prise de données	Nombre de jour de prises de données	Moyenne, taux d'arrivée, arrondi supérieur
07:00-07:30	9	5	2
07:31-08:00	18	9	2
08:01-08:30	15	8	2
08:31-09:00	7	6	2
09:01-09:30	6	4	2
09:31-10:00	11	7	2
10:01-10:30	10	6	2
10:31-11:00	8	5	2
11:01-11:30	14	10	2
11:31-12:00	6	4	2
13:00-13:30	14	7	2
13:31-14:00	6	4	2
14:01-14:30	11	10	2
14:31-15:00	6	4	2
15:01-15:30	11	7	2
15:31-16:00	13	6	3
16:01-16:30	12	7	2

Annexe F : Répartition des prises de données (par jour) – Comptoir Égout

Heure / Jour	Somme de clients pour les jours de prise de données	Nombre de jour de prises de données	Moyenne, taux d'arrivée, arrondi supérieur
07:00-07:30	52	11	5
07:31-08:00	33	9	4
08:01-08:30	7	5	2
08:31-09:00	2	2	1
09:01-09:30	5	4	2
09:31-10:00	3	3	1
10:01-10:30	5	5	1
10:31-11:00	4	4	1
11:01-11:30	1	1	1
11:31-12:00	1	1	1
13:00-13:30	8	6	2
13:31-14:00	1	1	1
14:01-14:30	4	3	2
14:31-15:00	5	4	2
15:01-15:30	4	3	2
15:31-16:00	4	3	2
16:01-16:30	3	3	1

Annexe G : Répartition des prises de données (par jour) – Comptoir Porte

Heure / Jour	Somme de clients pour les jours de prise de données	Nombre de jour de prises de données	Moyenne, taux d'arrivée, arrondi supérieur
07:00-07:30	4	2	2
07:31-08:00	5	5	1
08:01-08:30	2	2	1
09:01-09:30	3	2	2
09:31-10:00	1	1	1
10:31-11:00	1	1	1
11:31-12:00	2	2	1
13:00-13:30	2	2	1
13:31-14:00	2	1	2
14:01-14:30	1	1	1
14:31-15:00	2	2	1
15:01-15:30	2	2	1
15:31-16:00	1	1	1
16:01-16:30	1	1	1

Annexe H : Répartition des prises de données (par jour) – Barrière

Heure / Jour	Somme de clients pour les jours de prise de données	Nombre de jour de prises de données	Moyenne, taux d'arrivée, arrondi supérieur
07:31-08:00	6	4	2
08:01-08:30	10	8	2
08:31-09:00	14	8	2
09:01-09:30	26	12	3
09:31-10:00	24	10	3
10:01-10:30	26	11	3
10:31-11:00	30	11	3
11:01-11:30	23	12	2
11:31-12:00	12	10	2
13:00-13:30	17	10	2
13:31-14:00	18	9	2
14:01-14:30	16	8	2
14:31-15:00	9	5	2
15:01-15:30	10	8	2
15:31-16:00	6	6	1
16:01-16:30	1	1	1