Rapport final

Mise en place de la logistique interne pour la commercialisation des matériaux de construction usagés dans un centre de réemploi à Montréal

Équipe solution #15 – Soutenir le réemploi

Étape : Partager

Auteurs : Louis Garban (Étudiant à la maîtrise, ÉTS), Amin Chaabane (Professeur, ÉTS), Mustapha Ouhimmou (Professeur, ÉTS), Caroline Thomasset-Laperrière (Chargée de développement en Économie circulaire, Architecture Sans Frontières Québec, ASFQ)

Le lab construction est un projet du Centre d'études et de recherches intersectorielles en économie circulaire de l'ÉTS (CERIEC).

Table des matières

INTRODUCTION 1

REVUE DE LITTÉRATURE 3

1.1. DÉFINITION DE LA LOGISTIQUE INVERSE 3

1.2. FONDEMENTS SCIENTIFIQUES GUIDANT NOS TRAVAUX 3

1.2.1. Méthodologie de la revue de littérature 3

1.2.2. Logistique inverse dans le secteur de la construction 3

1.3. LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE SUR LA LOGISTIQUE INVERSE DANS LA CONSTRUCTION 5

1.3.1. Les défis de la logistique inverse dans la construction 6

1.3.1. Opportunités de la logistique inverse dans la construction 7

MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL 9

1.4. CONTEXTE D'APPLICATION ET PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE 9

1.4.1. Découverte de Réco 9

1.4.2. Modèle d'affaires de Réco 9

1.5. OBJECTIFS DU PROJET ET PROBLÉMATIQUE 10

1.6. MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL 11

OBSERVATION ET ANALYSE 15

1.7. DÉCOUVERTE DE L'ENTREPRISE 15

1.8. LA GESTION DES DONNÉES 16

1.8.1. Récupération des données 16

1.8.2. Analyse des données des flux entrants 17

1.8.3. Analyse des données internes 20

1.8.4. Conclusion sur la gestion des données 20

1.9. LA GESTION DE L'ESPACE 20

1.9.1. Configuration de l'entrepôt 20

1.9.2. Répartition des espaces de stockage 23

1.9.3. Résultat d'observation terrain 23

1.9.4. Conclusion de la gestion de l'espace 29

RECOMMANDATIONS ET SOLUTIONS 31

1.10. INDICATEURS DE PERFORMANCES 31

1.10.1. Durée maximale de rentabilisation (DMR) 32

1.10.2. Taux d'occupation (TO) 32

1.10.3. ***Taux de Rotation des stocks (Turnover Rate : TR)*** 32
1.10.4. ***Stock en semaine de réserve (SWH = Stock Week on Hand)*** 33
1.10.5. ***Taux de GES détourné (GES)*** 33
1.10.6. ***Méthode de Pareto (ABC)*** 34
1.11. **AMÉNAGEMENT DE L'ESPACE** 35
1.11.1. ***Conditionnement des très petits produits*** 36
1.11.2. ***Évolution de l'aménagement*** 37
1.12. **PROPOSITION GÉNÉRALE** 39
1.13. **CONCLUSION DES RECOMMANDATIONS** 40
CONCLUSION GÉNÉRALE 43
RECOMMANDATIONS 45
Annexe I : RÉSUMÉ DES ARTICLES DE LA REVUE DE LITTÉRATURE 47
Annexe II : PROCESSUS D'INVENTAIRE INFORMATISE 53
Annexe III : PLAN ARCHITECTE DE L'ENTREPÔT 54
ANNEXE IV : POSITIONNEMENT DES UNITÉS SUR LES SUPPORTS 55
ANNEXE V : AMÉNAGEMENT UTILISANT LA LOI DE PARETO POUR LA RÉPARTITION DES PRODUITS 57

INTRODUCTION

Aujourd'hui, notre monde est confronté à des défis sans précédent en matière de durabilité environnementale et sociale. En effet, nous vivons dans un modèle quasiment linéaire, nous agissons comme si les ressources de la planète étaient infinies. De plus, nous faisons face à une explosion démographique planétaire qui pourrait porter le nombre d'individus à près de 10 milliards en 2050 [1]. Pris dans un étau entre la raréfaction des ressources, l'augmentation de la demande et la génération de déchets, la situation engendrée par ce modèle économique n'est pas tenable. Chaque année, nous prélevons davantage que ce que la planète peut produire, ce qui crée une dette environnementale pour les générations futures. Cela révèle un problème criant d'inadéquation entre les ressources disponibles et les besoins de la population (Figure 1).

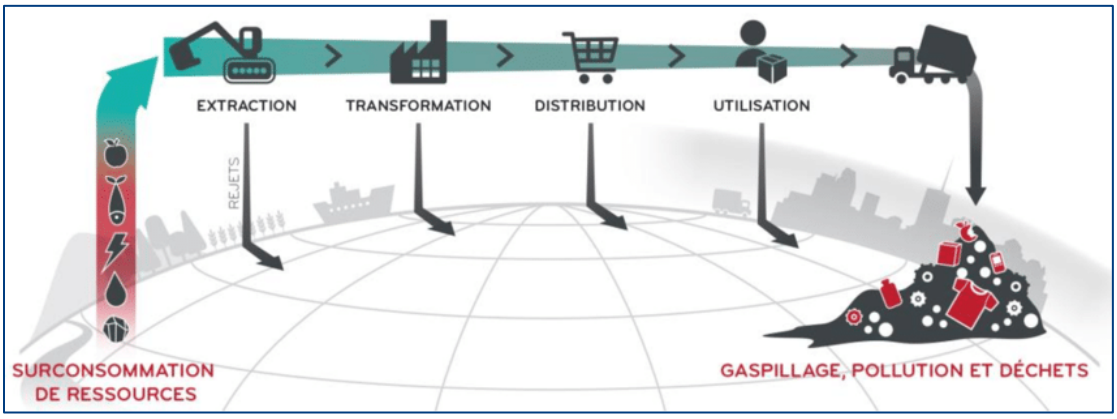


Figure 1: L'économie linéaire (Source : Institut EDDEC en collaboration avec RECYC-QUÉBEC (2018))

Le rapport concernant l'indice de circularité mondial publié en janvier 2023 par Circle Economy, en collaboration avec Deloitte [2], indique que l'économie mondiale n'est circulaire qu'à 7,2%. Cela signifie que plus de 90% des matériaux sont soit gaspillés, perdus ou sont simplement indisponibles à la réutilisation, car ils sont stockés dans des infrastructures. Nous nous sommes engagés dans ce projet à explorer un sujet d'avenir de notre société : le réemploi qui est l'une des meilleures solutions pour prolonger le cycle de vie des matériaux/produits dans le secteur de la construction et préserver nos ressources. Notre objectif est de mettre en évidence l'impact positif que peut avoir une gestion responsable des ressources sur la durabilité et la rentabilité des activités.

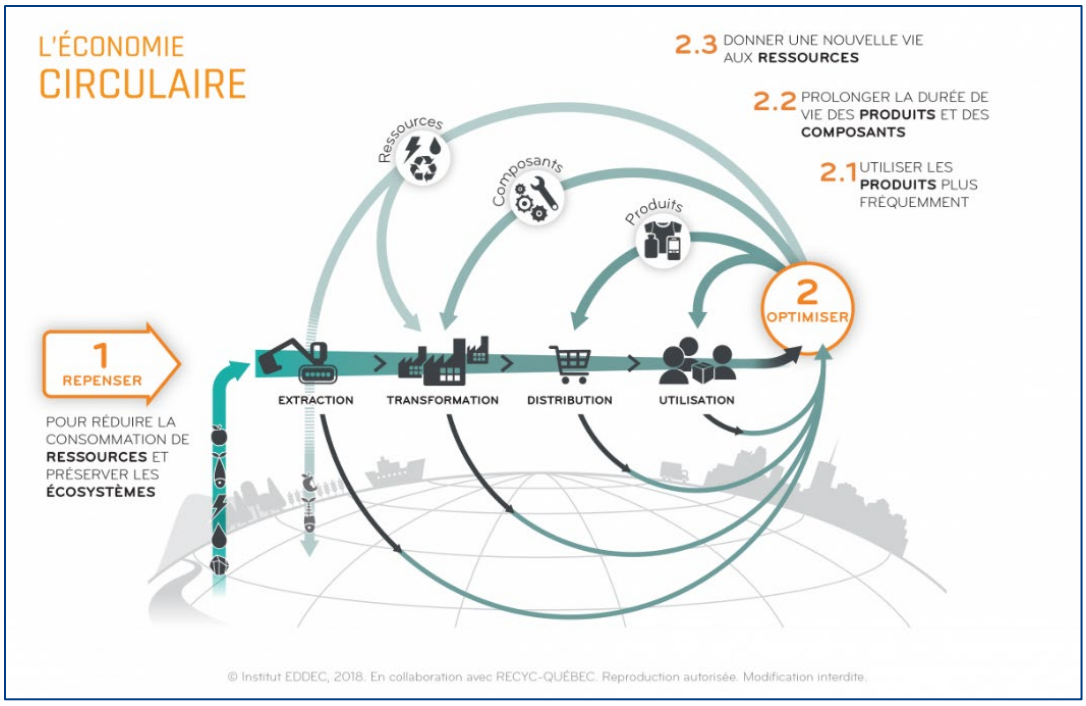


Figure 2 : L'économie circulaire Source : Institut EDDEC en collaboration avec RECYC-QUÉBEC (2018)

La surconsommation et la génération exponentielle de déchets sont devenues des problèmes urgents qui nécessitent des solutions novatrices et audacieuses. C'est dans cette optique que nous avons choisi d'étudier en profondeur l'aménagement d'un nouvel entrepôt destiné à la vente de matériaux de réemploi des matériaux de la construction, en mettant l'accent sur l'optimisation des flux et des processus logistiques du centre de réemploi s'insérant parfaitement dans le modèle d'économie circulaire (Figure 2). La gestion efficace des flux est une valeur essentielle qui sous-tend l'ensemble de ce projet. Nous nous sommes engagés à démystifier et à améliorer la chaîne logistique inverse du réemploi de la construction, dans le but de proposer des solutions logistiques, d'entreposage et de stockage optimaux pour assurer la rentabilité, la pérennité et la sécurité des opérations.

Le centre de réemploi qui fait l'objet de ce projet n'est pas seulement un lieu de commerce, mais une preuve de concept innovant. Nous aspirons à démontrer qu'avec un accompagnement adéquat et de bonnes pratiques standardisées, un tel centre peut devenir économiquement performant tout en ayant un impact environnemental et social positif, surpassant même les centres de matériaux neufs traditionnels.

Nous espérons que ce projet servira de source d'inspiration pour tous ceux qui aspirent à bâtir un avenir plus durable et plus responsable. Que les idées développées ici puissent être le point de départ d'une transformation positive dans la gestion des ressources et des matériaux issus de la construction, contribuant ainsi à la construction d'un monde meilleur pour les générations présentes et futures.

REVUE DE LITTÉRATURE

1.1. DÉFINITION DE LA LOGISTIQUE INVERSE

La logistique inverse ou la logistique des retours peut être définie comme étant un « système de gestion logistique des produits qui sont récupérés par l'entreprise, qu'il s'agisse de recyclage, de récupération et autres formes de retours de produits du client vers le producteur » [3]. La logistique inverse, telle que définie ci-dessus, représente des flux de produits des clients vers l'entreprise (C to B – Customer to Business), souvent associés au retour de produits. Bien que ce flux devienne de plus en plus standard dans certains secteurs, il ne possède pas encore de structure solide et normalisée, s'inscrivant toutefois dans la perspective de l'économie circulaire.

Cet aspect de la gestion logistique est étroitement lié à la préservation de l'environnement. Son objectif est de contrôler les produits, composants et matériaux en fin de vie, pour lequel le fabricant assume une certaine responsabilité. L'objectif principal est de réutiliser ces éléments, contribuant ainsi à la réduction globale des déchets. L'utilisation de produits récupérés permet d'éviter le recours à de nouvelles matières premières dans la fabrication de nouveaux articles.

Pour optimiser l'efficacité de la logistique inverse, il est crucial de sensibiliser activement les consommateurs. Il est le devoir des entreprises de faire ce travail de sensibilisation, en mettant en évidence le rôle essentiel que les citoyens ont, et en les encourageant à participer activement au recyclage et au réemploi [4].

1.2. FONDEMENTS SCIENTIFIQUES GUIDANT NOS TRAVAUX

1.2.1. Méthodologie de la revue de littérature

Dans cette phase d'initialisation, notre priorité résidait dans la compréhension approfondie de la situation actuelle de ce domaine spécifique. Pour ce faire, nous avons entrepris une étude approfondie des revues scientifiques spécialisées en logistique qui aborde le domaine de la construction, ce qui nous a permis d'établir le périmètre de recherche de notre projet. Nous avons retenu les mots clés comme « *reverse logistics* », « *Warehouse management* », « *construction* » ou « *circular supply chain* ».

L'objectif principal de cette phase préliminaire était de construire des fondations solides pour nos futures recherches. En analysant les différentes sources documentaires, nous avons pu situer notre projet dans son contexte, en comprenant pleinement son importance et son envergure. Cette démarche nous a donné une vision claire des opportunités et des défis auxquels nous ferons face tout au long de notre travail de recherche. Nous sommes conscients que l'étude de la logistique inverse dans le secteur de la construction est un domaine complexe, mais aussi riche en possibilités et innovation de développement durable.

1.2.2. Logistique inverse dans le secteur de la construction

Notre premier axe de recherche a porté sur la perception de la logistique inverse dans le milieu de la construction. Nos investigations nous ont conduits à identifier neuf (9) articles pertinents pour notre projet parmi une lecture d'une vingtaine d'articles.

Xu et al. [13] met en lumière l'impact négatif du secteur de la construction actuel, marqué par une augmentation de la pollution environnementale et une forte croissance de la demande de matières premières, générant ainsi davantage de déchets de construction. Selon l'article, ces déchets représentent

entre 25% et 34% des déchets industriels dans les pays développés. L'étude propose une analyse approfondie et des scénarios démontrant la viabilité économique d'un modèle du secteur de la construction intégrant le recyclage. Pour soutenir ce changement de modèle, l'article souligne l'importance du cadre législatif.

Appuyé par l'article de F. Schultman et al. [6], qui examine la réorganisation du modèle de construction en mettant l'accent sur la valorisation des déchets. F. Schultman et al. soulignent clairement l'importance du cadre législatif comme motivation au changement, illustré par le Parlement européen en 2003 avec la responsabilité des fabricants incitant les acteurs à changer leur modèle. L'article aborde également les défis logistiques de la chaîne inverse dans l'industrie de la construction, notamment les flux de déchets complexes et la logistique inverse peu développée, soulignant la nécessité d'une structuration pour valoriser les déchets et créer des boucles de matériaux en circuit fermé, motivée par des facteurs financiers, législatifs et citoyens.

Pour instaurer cette structuration de la chaîne logistique, les articles [5] [7] et [10] mettent en évidence les lacunes de connaissances et les ambiguïtés liées à la logistique inverse et proposent de nouveaux modèles adéquats. Rocío González-Sánchez et al. [10] soulignent le manque de bases théoriques dans les domaines de la gestion d'entreprise et des aspects sociaux, identifiant quatre dimensions clés pour accompagner le développement des nouvelles chaînes d'approvisionnement circulaires :

1. Une plus grande intensité dans les relations établies dans la supply chain,
2. L'adaptation de la logistique et de l'organisation,
3. Les technologies disruptives et intelligentes,
4. Un environnement fonctionnel.

L'article le plus complet, explorant au mieux le problème, est celui de Lu Ding et al. [7], qui analyse 81 études sur la circularisation de la logistique dans le secteur de la construction. Cette étude suggère que la logistique doit en amont et aval être interdépendante pour une économie circulaire efficace dans l'industrie de la construction. Elle propose un nouveau cadre conceptuel d'intégration logistique circulaire (CLI), incluant la création de canaux, l'intégration de réseaux et la gestion des stocks, pour guider et inspirer la recherche future en s’attaquant aux obstacles systématiques entravant la circulation des matériaux et des ressources de la logistique inverse à la logistique standard dans les cycles de vie de la construction. Les résumés des articles sont fournis en ANNEXE I.

Tableau 1 : Liste des articles retenus pour le projet

N° Article	TITRE	Référence	Année
Article 1	“Reverse logistics in the construction industry	[5]	2015
Article 2	Organization of reverse logistics tasks in the construction industry	[6]	2007
Article 3	Forward and reverse logistics for circular economy in construction: A systematic literature review	[7]	2023
Article 4	Strategic Decision Making in Construction Supply Chains: A Comparison of Reverse Logistics Strategies	[8]	2020
Article 5	Reverse Logistics Performance Indicators for the Construction Sector: A Building Project Case	[9]	2022
Article 6	Main Dimensions in the Building of the Circular Supply Chain: A Literature Review	[10]	2020
Article 7	Revamping construction supply chain processes with circular economy strategies: A systematic literature review	[11]	2022
Article 8	Information sharing in reverse logistics supply chain of demolition waste: a systematic literature review.	[12]	2021
Article 9	Reverse logistics network based multiperiod optimization for construction and demolition waste disposal.	[13]	2019

1.3. LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE SUR LA LOGISTIQUE INVERSE DANS LA CONSTRUCTION

Après la lecture et l'analyse de nombreux articles, nous avons pu identifier les obstacles et les différents axes à éclaircir par le biais de notre projet. On observe principalement que l'ensemble des travaux de recherche analysés aspire à changer le modèle actuel et le repenser intégralement, mettant l'accent sur les consciences écologique et économique. Cependant, dans le cadre de notre projet, nous constatons l'absence d'articles approfondissant le défi de la circularité dans le domaine de la construction, en apportant des méthodologies opérationnelles concrètes applicables. Notamment, il manque une exploration à une échelle plus fine où chaque maillon de la chaîne inverse (constructeur, transport, stockage, réutilisation, etc.) doit élaborer son processus opérationnel, étant donné que le modèle de logistique standard ne répond pas à leurs besoins. Cette lacune s'explique par l'absence de littérature traitant des particularités de la logistique inverse (flux variables, gestion des déchets, gestion du transport inverse).

Malgré l'existence de solutions de gestion standard en logistique, le "*Handbook of Logistics and Distribution Management*" d'Alen Rushton et Phil Croucher, ou encore "Entrepôt et Magasin" de Michel Roux, qui présentent les bonnes pratiques pour la gestion et la conception de l'ensemble des flux logistiques en entrepôt, on constate un fossé évident de notion entre la logistique classique et la logistique inverse. Cette dernière ne bénéficie d'aucune structure méthodologique ni de système de gestion logique,

optimal et organisé à notre connaissance. Cette disparité complique considérablement l'incitation pour les nouveaux acteurs de la circularité, qui ne trouveront pas les meilleures pratiques opérationnelles dans leur contexte de logistique circulaire. Cette absence crée de nouvelles contraintes d'uniformisation des concepts et de conception de flux inverses, ralentissant ainsi la normalisation de la logistique inverse et la logistique circulaire.

1.3.1. Les défis de la logistique inverse dans la construction

Unanimement, l'ensemble des articles analysés ont permis d'identifier une problématique commune de la logistique inverse dans le secteur de la construction : on remarque que très peu de travaux ont étudié le problème d'opérationnalisation de logistique inverse intégrée avec les principes d'économie circulaire dans ce secteur. En effet, le secteur de la construction a pris des habitudes et pratiques qui n'ont pas évolué depuis de nombreuses années et donc ne prennent pas en compte les nouvelles réalités de la société dans leur processus. Aujourd'hui, ce secteur suit une économie linéaire d'utilisation de ressources vierges qui sont consommées pour la construction et vouées à être démolies et sans réemploi prédéfini. On remarque seulement une prise de conscience récente depuis les années 2013 comme le montre la Figure 3. L'ensemble des articles s'accorde sur cette absence du principe de circularité dans le secteur de la construction mais ils soulèvent que le problème va même au niveau des travaux de recherche sur le sujet qui reste insuffisant et encore peu poussé au niveau opérationnel.

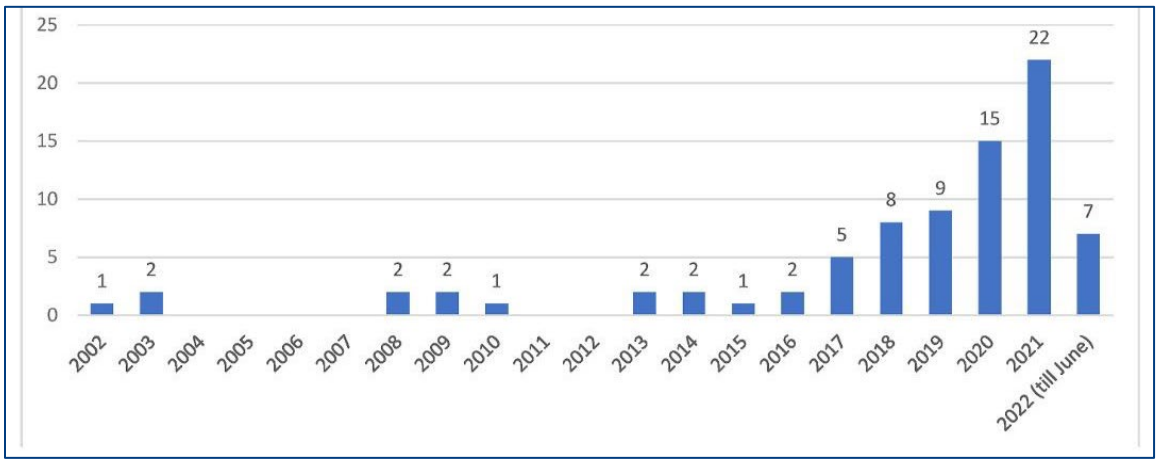


Figure 3 : Évolutions des publications des flux RL en construction [5]

En outre, les contraintes financières liées à la mise en place de processus de déconstruction, qui peuvent aider dans l'augmentation de niveau de circularité des matériaux, se présentent actuellement comme un défi majeur. La déconstruction est aujourd'hui en second plan face à la démolition, elle est souvent considérée comme dérogeant aux méthodes habituelles, ce qui peut entraîner des coûts substantiels par rapport aux méthodes de démolition conventionnelles. Finalement, le cadre législatif et l'ensemble des normes complexifient l'utilisation de ces matériaux dans les phases de construction face à des sources neuves [14], et qui ajoutent des freins supplémentaires au réemploi de matériaux dans la construction.

1.3.1. Opportunités de la logistique inverse dans la construction

Comme indiqué précédemment, les travaux de recherche analysés ont permis de regrouper les connaissances sur l'optimisation des opérations et de la logistique dans les projets de déconstruction de bâtiment. Toutefois, il semble y avoir un manque de littérature concernant ce sujet. En effet, la revue de plusieurs articles met en lumière certaines lacunes, telles que l'inefficacité dans le transport des déchets, le gaspillage potentiel des déchets de déconstruction, car les entrepreneurs ne sont pas toujours bien orientés quant à la gestion des matériaux lors de la déconstruction d'un bâtiment, par exemple. En ce qui concerne le transport, les articles s'accordent sur le constat d'une absence de logique et d'optimisation des itinéraires lorsque plusieurs sites de réception des matériaux sont disponibles. En matière de réutilisation, il est relevé que de nombreux matériaux, qui pourraient être réemployés dans de nouveaux projets, sont simplement abandonnés.

En l'absence d'études approfondies sur la logistique inverse dans le secteur de la construction, diverses sources scientifiques suggèrent la mise en place de processus normalisés pour les flux inverses, ainsi qu'une étude approfondie à une plus grande échelle sur le sujet. Il est donc essentiel de structurer et d'organiser les différents maillons de la chaîne logistique afin de parvenir à une boucle de matériaux en circuit fermé. L'intégration de la logistique tant en amont qu'en aval peut contribuer à atteindre cet objectif.

C'est-à-dire que pour avoir une économie circulaire dans l'industrie de la construction, il faut penser dès les premières étapes à la fin de cycle de vie des ouvrages, et mettre en place lors de la réalisation de la construction des plans et des stratégies sur la déconstruction et ne plus séparer les deux processus comme c'est pratiqué actuellement.

MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

1.4. CONTEXTE D'APPLICATION ET PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE

1.4.1. Découverte de Réco

Réco est une entreprise d'économie sociale montréalaise spécialisée dans le réemploi des matériaux de construction et du patrimoine, présente depuis 2002 dans le quartier Rosemont. En 2020, Architecture sans Frontières Québec (ASFQ) a acquis le contrôle de cette entreprise. Depuis lors, Réco est devenue un partenaire stratégique et opérationnel du projet Matériaux Sans Frontières, au sein duquel ASFQ confie la gestion de ses dons et de ses ventes de matériaux. Cette collaboration vise à tester pleinement le modèle d'affaires novateur de Réco.

ASFQ a lancé le projet en partenariat avec le Centre d'études et de recherches intersectorielles en économie circulaire (CERIEC). Le programme d'économie circulaire d'ASFQ s'engage activement dans différentes solutions explorées par le CERIEC dans le cadre du Laboratoire sur la circularité du milieu de la construction. La signature d'un bail commercial de 1000 m² en mars 2023 marque le début d'une collaboration concrète entre la recherche et le terrain, dans le cadre de cette étude visant l'optimisation des processus logistiques de Réco.

1.4.2. Modèle d'affaires de Réco

Le modèle d'affaires élaboré par Architecture sans Frontières Québec (ASFQ) pour Réco se démarque par son caractère novateur. En tant qu'organisme de bienfaisance (OBE), ASFQ offre un service de récupération de matériaux de construction via son centre de réemploi, recevant ces produits par le biais d'un système de dons. Concrètement, les fournisseurs de composants destinés à Réco reçoivent un reçu de charité en échange de leurs dons. Cette approche avant-gardiste crée une situation gagnant-gagnant, incitant les entreprises à faire don de leurs composants plutôt que de les envoyer vers les centres d'enfouissement, principalement pour des raisons économiques.

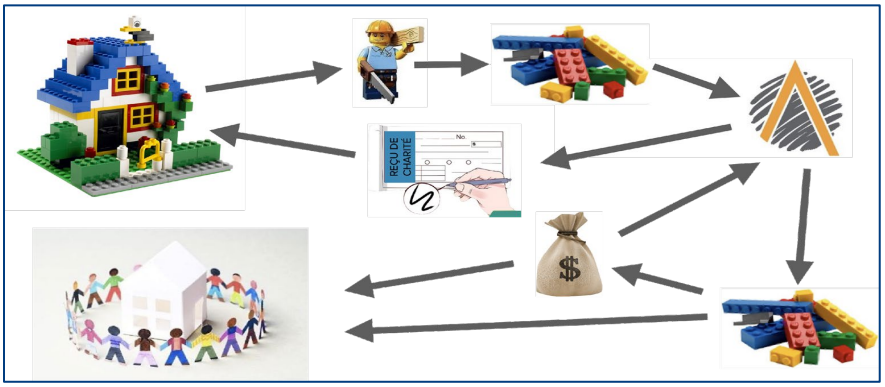


Figure 4 : Modèle d'affaire de Réco (Source; ASFQ)

Le modèle innovant permet à Réco de s'approvisionner à moindre coût. Les produits récupérés sont utilisés de deux manières : ils sont directement intégrés dans un projet mené par ASFQ, ou bien ils sont mis en vente dans leur centre de réemploi, avec tous les bénéfices réinjectés dans différents projets d'ASFQ (Figure4). Ce modèle incitatif encourage les dons plutôt que l'élimination, offrant une réduction d'impôt

aux donateurs. De plus, le consommateur final participe à une action positive tout en étant exempté de taxes à l'achat.

1.5. OBJECTIFS DU PROJET ET PROBLÉMATIQUE

Le réemploi se présente comme une innovation majeure et l'une des solutions les plus efficaces pour prolonger la durée de vie des matériaux de construction. Il permet d'éviter l'enfouissement de ressources toujours fonctionnelles en les mettant à disposition de ceux qui en ont besoin. À travers l'aménagement d'un nouvel entrepôt destiné à la vente, l'optimisation des flux et des processus de réutilisation et de reconditionnement des équipements et des matériaux de construction sera étudiée en profondeur. L'étude de terrain proposée par notre équipe permettra de démystifier et de restructurer les étapes de cette chaîne logistique inverse, tout en proposant des solutions logistiques, d'entreposage et de stockage optimaux pour assurer la rentabilité et la pérennité des opérations. Nous souhaitons démontrer, à travers ce concept, qu'avec un accompagnement adéquat, un centre de réemploi peut devenir aussi performant économiquement qu'un centre de matériaux neufs, avec en bonus un bilan environnemental et social nettement amélioré de ses activités.

Dans le cadre de ce partenariat entre ASFQ et le CERIEC, plusieurs objectifs ont été définis pour le projet. Notre mission consiste tout d'abord à fournir un soutien à Réco en proposant des solutions et des recommandations pour améliorer sa gestion logistique. Ensuite, notre rôle implique le développement d'une méthodologie et d'outils permettant à d'autres acteurs du secteur de reproduire le modèle d'affaires de Réco. Enfin, nous devons apporter un éclairage sur la recherche en logistique circulaire dans le domaine de la construction, dans le cadre du laboratoire de recherche du CERIEC. Les trois grands objectifs peuvent être résumés comme suit :

1. Proposer une cartographie des processus de flux logistiques d'un entrepôt de matériaux de réemploi.
2. Générer des scénarios d'aménagement et sélectionner le meilleur aménagement à implanter.
3. Produire et diffuser des contenus pédagogiques.

Une fois le projet initié, nous avons identifié une problématique qui orientera la suite de nos travaux :

*"**démystifier, restructurer les étapes de la chaîne logistique inverse de Réco et proposer des solutions d'entreposage et de stockage optimales**".*

Cette question centrale met en lumière l'objectif fondamental de notre projet, qui est de développer et de mettre en place un processus ainsi qu'une méthodologie spécifique pour gérer le flux inverse dans le domaine de la construction. L'enjeu principal consiste à standardiser la logistique en adoptant de bonnes pratiques optimales qui, jusqu'à présent, font défaut.

Pour répondre à cette problématique, nous avons identifié la principale difficulté du projet : la variabilité des flux et des produits. L'impact de la variabilité des flux entrants dans un centre de réemploi de matériaux de construction est significatif, engendrant des défis majeurs pour la gestion des flux internes. La nature

imprévisible des dons et l'impossibilité d'avoir un cahier de commande formalisé créent une arrivée aléatoire de produits, rendant la planification et la gestion des stocks plus complexes.

Cette variabilité pose des défis spécifiques à la gestion des stocks, car la composition du stock est incertaine, impactant la disponibilité des matériaux. La modulation de l'espace de stockage devient un défi, car l'absence de prévisibilité des produits nécessite une flexibilité constante dans l'organisation physique de l'entrepôt. Ajoutons que la demande est difficile à anticiper en raison de la variabilité des produits.

La mise en place d'une gestion rigoureuse devient donc essentielle pour ajuster rapidement les niveaux de stock, optimiser l'utilisation de l'espace disponible et répondre de manière agile aux besoins changeants. La variabilité des flux entrants nécessite une approche proactive et adaptative de la gestion des stocks, de l'espace et de la demande au sein du centre de réemploi, soulignant l'importance d'une flexibilité opérationnelle pour optimiser les processus internes.

Notre projet vise à éclairer certaines facettes de la logistique inverse dans le secteur de la construction, en mettant l'accent sur la récupération de matériaux de déconstruction pour les réintégrer dans le cycle de construction, prolongeant ainsi leur durée de vie. L'objectif spécifique est d'optimiser la gestion des derniers kilomètres des matériaux en fin de cycle, en instaurant des processus efficaces pour la gestion des stocks et la gestion des flux, avec des retombées significatives :

- Amélioration de l'efficacité opérationnelle : L'organisation et l'aménagement optimisés du site permettront de rationaliser les flux de marchandises, réduisant ainsi les temps d'attente, les déplacements inutiles et les erreurs de traitement. Cette optimisation augmentera la productivité de l'entrepôt et contribuera à la réduction des coûts opérationnels.
- Réduction des délais de réception : En optimisant les flux, le projet accélérera le traitement des articles et des commandes, se traduisant par des délais de livraison plus courts. Cela renforcera la satisfaction des clients et améliorera la réputation de l'entrepôt dans le secteur de l'écoconstruction.
- Réduction des pertes et du gaspillage : L'organisation optimisée du site favorisera une meilleure gestion des stocks et une traçabilité accrue des matériaux, contribuant à réduire les pertes et le gaspillage. Cela s'inscrit dans l'économie circulaire en favorisant la réutilisation et le recyclage des matériaux.
- Diffusion des bonnes pratiques : Une fois le projet réussi, il pourra être reproduit dans d'autres entrepôts et organisations similaires impliqués dans l'économie circulaire. Les connaissances acquises et les bonnes pratiques développées pourront être partagées, favorisant ainsi l'adoption généralisée d'une approche optimisée des flux et contribuant à la transformation durable du secteur de l'industrie de la construction.

1.6. MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

Dans notre méthodologie de projet, l'objectif est de formuler une recommandation initiale concernant les systèmes de stockage et de manutention nécessaires pour optimiser les opérations de l'entrepôt. Nous débuterons par une analyse préliminaire des données disponibles du système d'information actuel (ERP). Notre approche générale s'appuie sur la méthode de Planification Systématique de l'Aménagement (SLP : *Systematic Layout Planning*), qui sera déclinée en dix étapes tout au long de ce projet (Figure 6). Dans les premières étapes, nous procéderons à la collecte de données primaires sur les produits (variété,

dimensions, formes, etc.), les quantités (volumes, vélocité, rotation des stocks) et les processus (activités de manutention, activités de démantèlement, activités de préparation de commandes, etc.) effectués dans notre entrepôt. Cette collecte d'informations approfondie nous permettra d'obtenir une vision claire et complète des besoins logistiques spécifiques à notre contexte.

En mettant en œuvre la méthodologie SLP, nous envisageons d'optimiser le placement des zones de stockage, des équipements de manutention et des postes de travail. Cette approche systématique nous aidera à concevoir un aménagement qui améliore l'efficacité opérationnelle, minimise les déplacements inutiles et favorise une gestion efficace des flux de matériaux dans notre entrepôt.

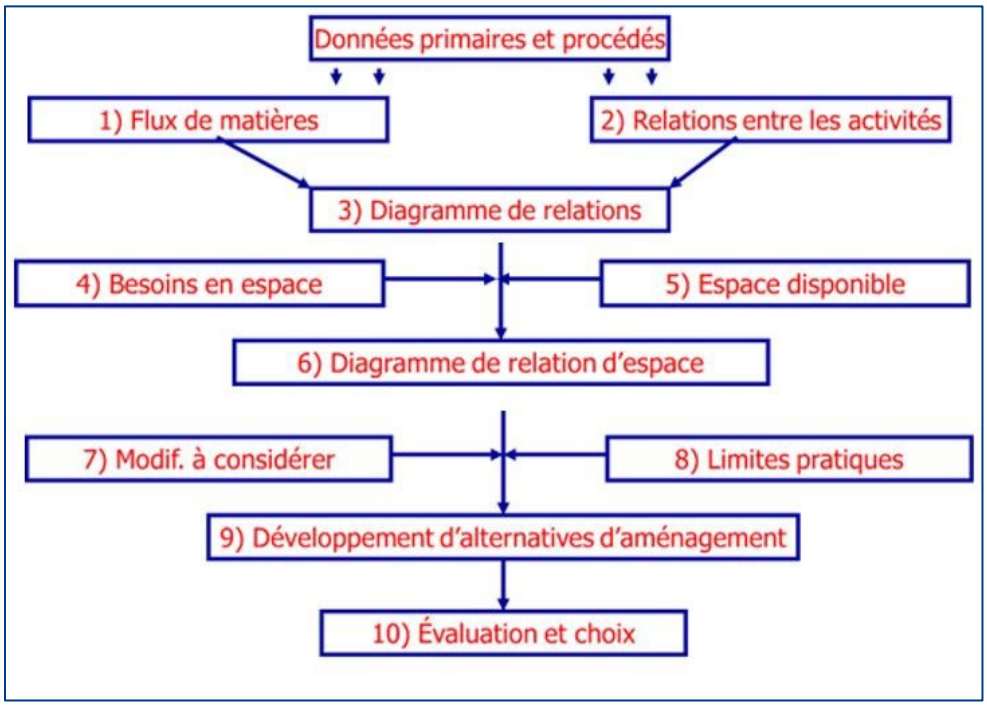


Figure 5 : Diagramme de la méthode SLP

Ces données nous permettront d'identifier les zones, départements ou services à prendre en compte dans la conception de notre implantation. Une compréhension approfondie de ces activités tout au long du projet nous permettra de gagner du temps et de planifier de manière plus efficace. Cette première étape nécessitera plusieurs ateliers de travail et rencontres avec les employés de l'entrepôt. De plus, une analyse approfondie des données sera essentielle pour quantifier les flux de matières et établir le type de relations entre les différentes activités. À la fin de cette première étape, nous produirons un document décrivant l'ensemble des données collectées, ainsi qu'un diagramme relationnel permettant d'identifier les interactions entre les diverses activités réalisées dans l'entrepôt. Nous élaborerons également une description des activités de base et de support dans l'entrepôt. Cette disposition générale détaillera le contenu et la configuration des grands blocs, ainsi que les principaux flux entre eux.

La deuxième étape, après avoir analysé en profondeur Réco à partir des différentes données à notre disposition, consiste à entreprendre une analyse de l'espace de l'entrepôt. Pour ce faire, nous devrons plonger dans les plans et la structure actuelle de l'entrepôt, examiner les choix actuels en matière de stockage et de gestion de l'espace, afin d'explorer d'autres pistes et trouver des améliorations sur la structure existante. Dans cette phase, nous intègrerons également une proposition de l'architecture générale. Enfin, une recommandation sera formulée concernant le système d'entreposage, incluant le type d'équipements de stockage, de manutention, la gestion de l'espace d'entreposage, le positionnement des produits, etc.

L'ensemble de ces étapes génèrera un ensemble d'indicateurs de performances (KPI) permettant de suivre l'évolution des recommandations concernant la gestion de la logistique interne. Ces KPI seront également orientés vers des critères de vente, la gestion de l'approvisionnement et la mesure des performances environnementales.

OBSERVATION ET ANALYSE

1.7. DÉCOUVERTE DE L'ENTREPRISE

Dans le cadre de ses activités, l'entreprise reçoit des produits par le biais de dons. Cependant, elle est confrontée à une grande variabilité, tant en termes de quantité que de volume d'objets dans ces donations. Cette diversité représente le défi logistique majeur de notre projet, car l'absence de visibilité sur les approvisionnements exige une gestion complexe et adaptable des stocks. En effet, une mauvaise gestion de ces stocks pourrait entraver le bon fonctionnement de l'ensemble de la chaîne logistique et limiter leur plein potentiel opérationnel.

Pour relever ce défi, notre stratégie consiste à procéder à une analyse minutieuse de l'état actuel des flux internes. Cette analyse permettra d'identifier des tendances et des modèles répétitifs dans les dons reçus. En comprenant mieux ces flux d'approvisionnement, nous serons en mesure de mettre en place une deuxième phase d'aménagement, offrant une flexibilité optimale pour faire face aux différents cas identifiés. Cela nous permettra ainsi de réagir de manière adaptée à la disparité des flux entrants.

Notre objectif ultime est de parvenir à une gestion logistique efficace, capable de s'adapter aux variations imprévisibles des approvisionnements. En optimisant les processus internes et en mettant en place un aménagement flexible, nous aspirons à relever le défi logistique que représente la variabilité des dons reçus. Ce faisant, nous pourrons mieux exploiter le potentiel de ces produits donnés et accroître notre capacité à soutenir les activités avec succès. Cette approche proactive et analytique pourra servir de modèle pour tout nouveau centre de réemploi.

Réco reçoit un large éventail de produits tels que des portes, des bains, des planchers, des luminaires, des fenêtres, etc (Figure 7). Les responsables de l'approvisionnement visent à récupérer tous les produits pouvant être revendus et réintégrés dans le secteur, afin de les soustraire à l'enfouissement sans subir de pertes économiques.

Figure 6 : Exemples de produits chez Réco (source : Photos ASFQ)

1.8. LA GESTION DES DONNÉES

1.8.1. Récupération des données

L'ensemble des données enregistrées par l'entreprise est stocké sur le progiciel Dolibarr, un ERP libre, configuré pour répondre aux besoins spécifiques de l'entreprise. Actuellement, ce logiciel gère l'inventaire, les ventes, les factures et une partie des démarches administratives (voir Annexe II). Cependant, étant donné que sa mise en place est relativement récente, soit moins d'un an, l'intégralité des données n'a pas encore été saisie dans le système, et certaines requêtes d'extraction ne sont pas encore en place.

Un exemple concret de cette situation est survenu lorsque nous avons souhaité déterminer, à partir des ventes enregistrées depuis la mise en place du logiciel, le classement Pareto des produits les plus vendus. Une collaboration avec le service informatique a été nécessaire pour créer la requête d'extraction, car le logiciel était initialement programmé uniquement pour fournir les répartitions des ventes par client et par mois. Une requête spécifique a donc été ajoutée pour obtenir le nombre de ventes par catégorie de produits, ainsi que les quantités et les montants de vente. Les résultats de la requête ont permis d'identifier les produits les plus performants de Réco au cours des derniers mois, notamment les portes, les luminaires, les poignées, les fenêtres et la quincaillerie (Figure 8). Dans la perspective d'améliorer la gestion des données, il serait possible de continuer à optimiser l'utilisation de Dolibarr pour répondre encore mieux aux besoins de l'entreprise.

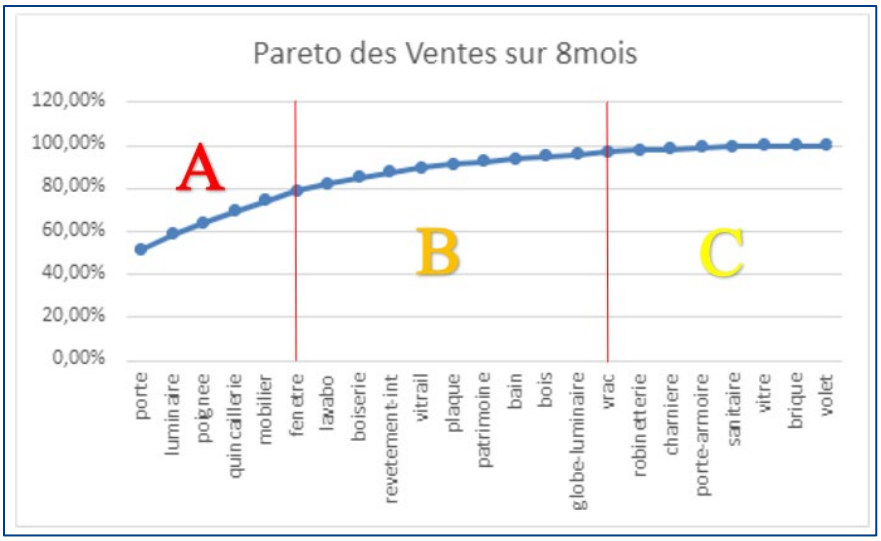
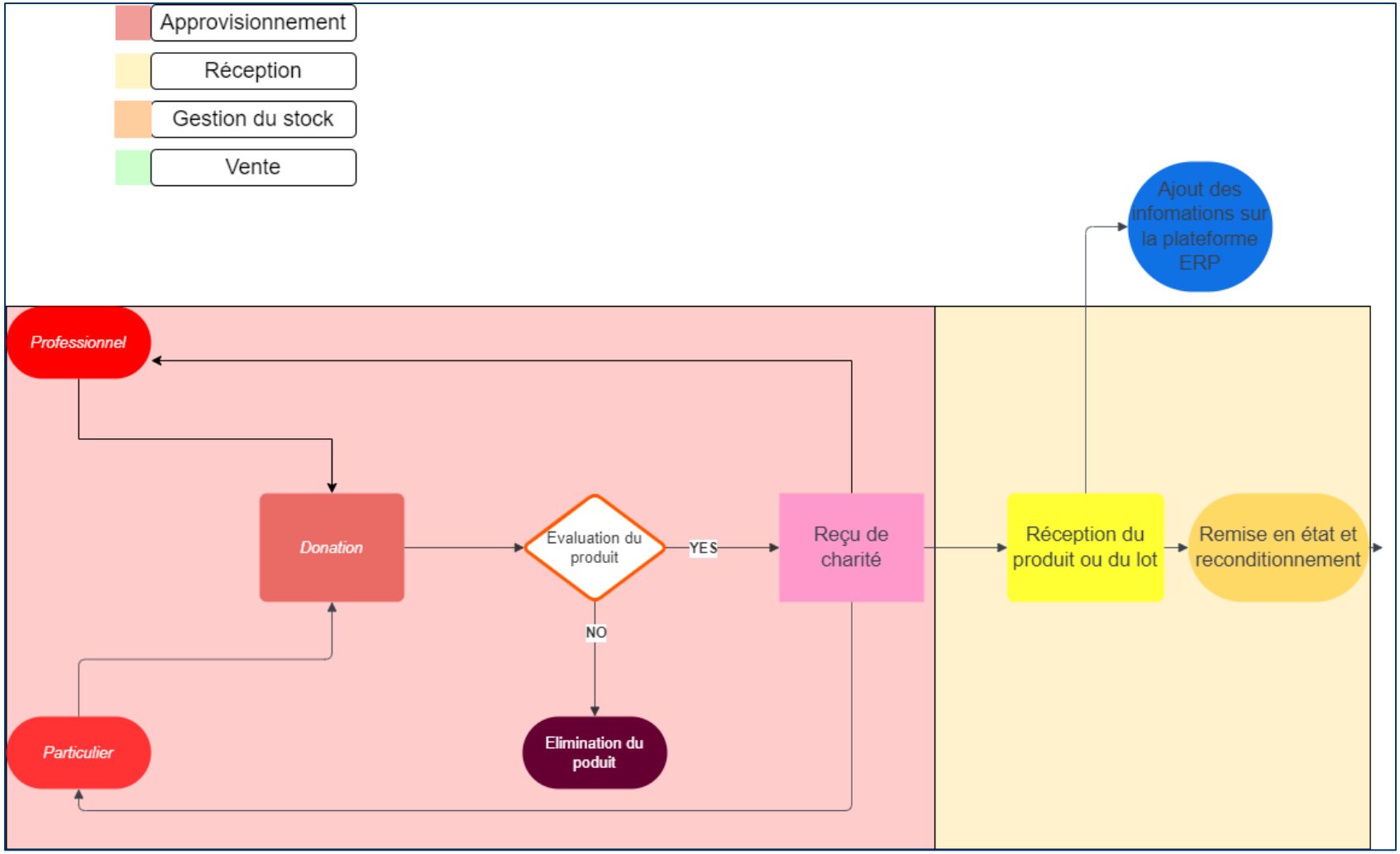


Figure 7 : Digramme ABC (Pareto) des ventes sur 8 mois (Source : Dolibarr Réco)

1.8.2. Analyse des données des flux entrants

Nous avons récupéré les données de l'inventaire de Réco et avons développé un moyen pour mieux catégoriser les flux entrants. Initialement, l'entreprise possédait un système de catégorisation composé de dix-neuf catégories différentes au sein de l'inventaire, ce qui complexifiait la gestion logistique. Pour faciliter cette tâche, nous avons envisagé deux options possibles : d'une part, travailler avec des volumes de produits et les répartir en fonction de leurs tailles, et d'autre part, conserver les catégories propres aux produits tels que les portes, les baignoires, etc. Afin de mettre en place cette nouvelle approche, nous avons développé un diagramme des relations produites, en intégrant les décisions opérationnelles concernant le stockage (Figure 9).

Nous avons ainsi divisé l'ensemble des produits en deux grandes catégories en fonction de leurs volumes, puis sous-divisé ces catégories en sept sous-catégories selon les propriétés spécifiques des produits. Il est important de noter que l'approvisionnement de Réco provient de dons, ce qui implique l'absence de plan de commande standardisé, générant ainsi une arrivée variable et incertaine des produits entrants. Cette particularité a été prise en compte dans notre démarche de catégorisation pour assurer une gestion adaptée des stocks en fonction de ces fluctuations.


Approvisionnement
Réception
Gestion du stock
Vente
Ajout des infomations sur la plateforme ERP
Professionnel
Donation
Evaluation du produit
YES
NO
Reçu de charité
Réception du produit ou du lot
Remise en état et reconditionnement
Particulier
Elimination du poduit

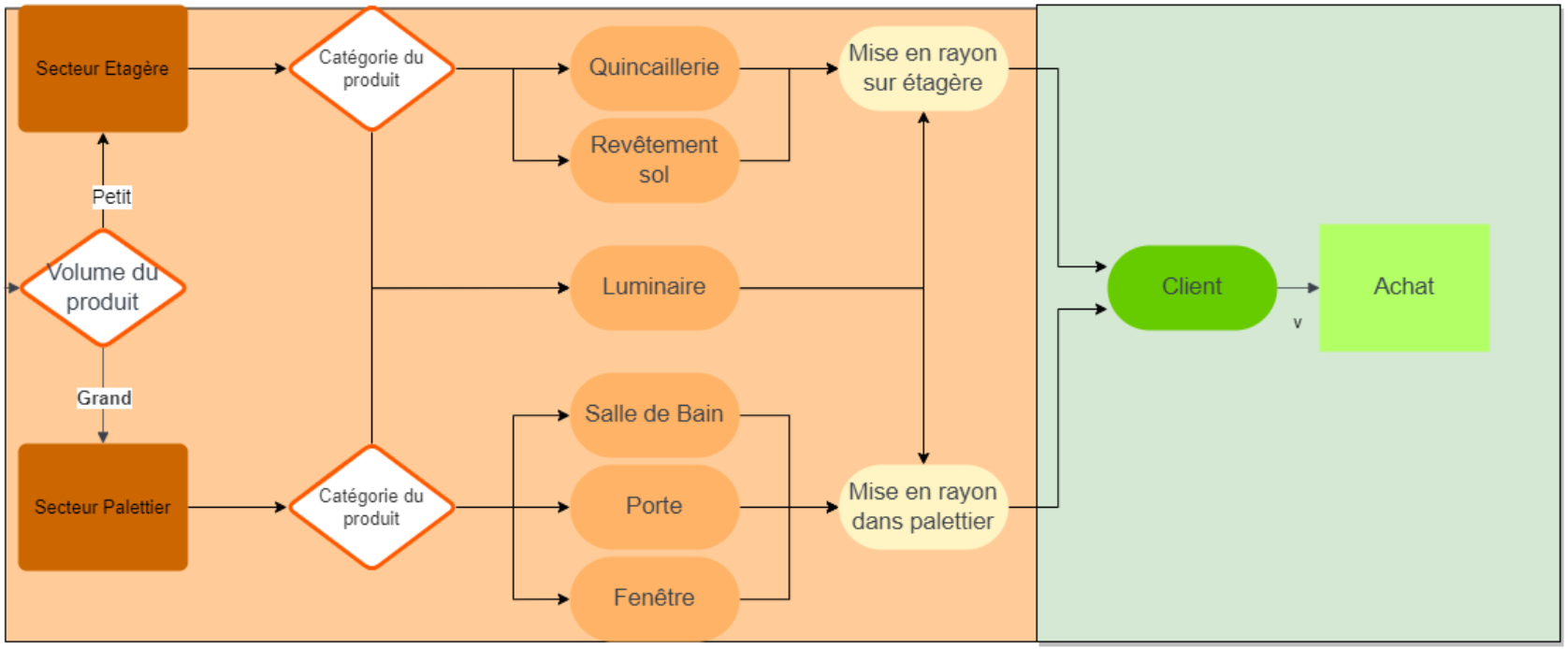


Figure 8 : Diagramme de flux des produits

1.8.3. Analyse des données internes

Nous avons analysé les données de l'inventaire afin de déterminer l'espace occupé par l'ensemble des produits, d'identifier le taux de rotation des produits et de connaître les quantités d'articles par catégorie. Ce travail s'est avéré complexe en raison de la grande diversité de produits au sein d'une même catégorie et de la difficulté d'accéder aux données.

Malgré ces défis, nous avons réussi à mettre en place un tableur fournissant des informations par catégorie, telles que la surface au sol des produits, les dimensions moyennes des articles et leur masse. Cependant, lors de la vérification des données avec les gestionnaires des opérations de l'entreprise, nous avons constaté un décalage. Ce décalage était dû à une moins bonne gestion de l'inventaire, avec un grand nombre de produits mal identifiés ou absents. Au moment du lancement de la nouvelle plateforme, la priorité n'a pas été l'inventaire, mais la mise en place de la caisse qui a donné la création d'étiquettes génériques pour les petits produits qui a faussé par la suite la précision de l'inventaire. Cela nous a conduit à nous baser uniquement sur des hypothèses plutôt que sur des données fiables pour la suite de notre travail.

1.8.4. Conclusion sur la gestion des données

Cette expérience souligne l'importance cruciale de la gestion des données dans le contexte des flux inverses. En disposant d'une bonne gestion des données, nous aurions été en mesure de déterminer avec précision la surface au sol nécessaire pour le stockage par catégorie de produits, de connaître la masse de produits détournés de l'enfouissement, et d'obtenir des informations standardisées par catégorie de produits. Ces données auraient également permis la création d'indicateurs de performance (KPI : *Key Performance Indicators*) personnalisés pour suivre à la fois l'aspect écologique et les performances de gestion.

Il est essentiel, dans cette gestion, d'avoir un contrôle total sur l'ensemble des flux, en mettant en place une structure d'entreprise qui facilite la gestion des données relatives aux flux entrants et sortants. Une gestion rigoureuse de l'inventaire et des comptes est également nécessaire pour assurer la traçabilité des produits.

La grande variabilité des flux entrants rend impératif de pouvoir identifier rapidement les espaces nécessaires pour le stockage, la disponibilité de l'espace, le taux de rotation des produits et les produits les plus demandés. Sans une précision de ces données, la gestion et l'aménagement du stock deviennent très complexes. Ainsi, il est désormais indispensable que chaque centre de réemploi soit doté d'outils de gestion de données efficaces et précis pour gérer ces flux.

En conclusion, cette première étape a été déterminante pour mettre en évidence les faiblesses existantes dans la gestion des flux, ainsi que pour identifier les éléments clés nécessaires à la mise en place d'une gestion performante et flexible au sein d'un centre de réemploi. Les outils de gestion de données et une bonne organisation interne sont des facteurs essentiels pour assurer le succès de cette démarche.

1.9. LA GESTION DE L'ESPACE

1.9.1. Configuration de l'entrepôt

La nouvelle localisation de Réco est un entrepôt de 10 000 pieds carrés conçu pour améliorer la capacité de stockage des marchandises, optimiser la circulation des articles et offrir aux clients une meilleure visibilité des produits susceptibles de les intéresser. Le gestionnaire du site a initialement mis en place un plan d'aménagement, et des travaux sont en cours pour structurer davantage l'espace, notamment par

l'installation de cloisons afin de délimiter les différentes zones d'activité. Le plan final est illustré dans l'ANNEXE III.

Ancien local de vente boutique de 2500 pi² distribués sur 2 étages

Nouveau centre de réemploi de 10 000 pi² sur un seul niveau

Figure 9 : Locaux de l'entreprise Réco (source : ASFQ)

Une fois les travaux terminés, la structure se composera de quatre parties distinctes. Tout d'abord, le magasin occupe une superficie totale de 580.83 m², se subdivisant en deux parties : la zone d'étalage de 491.89 m² et la cour à bois de 89.04 m². Ensuite, on trouve la zone de traitement et l'atelier, s'étendant sur 115.34 m². La zone de réception, y compris l'accès au garage, couvre une superficie de 42.16 m². Enfin, la zone du personnel englobe les bureaux et s'étend sur 61 m². Le gestionnaire a installé des palettiers et des armoires autoportantes dans le magasin comme présenté dans la figure ci-dessous (Figure 11). Nous distinguons bien une division en deux secteurs de la zone de vente avec d'un côté les palettiers (en rouge) pouvant accueillir les structures plus lourdes et imposantes et de l'autre côté des armoires (en jaune) pour les articles de plus petite taille.

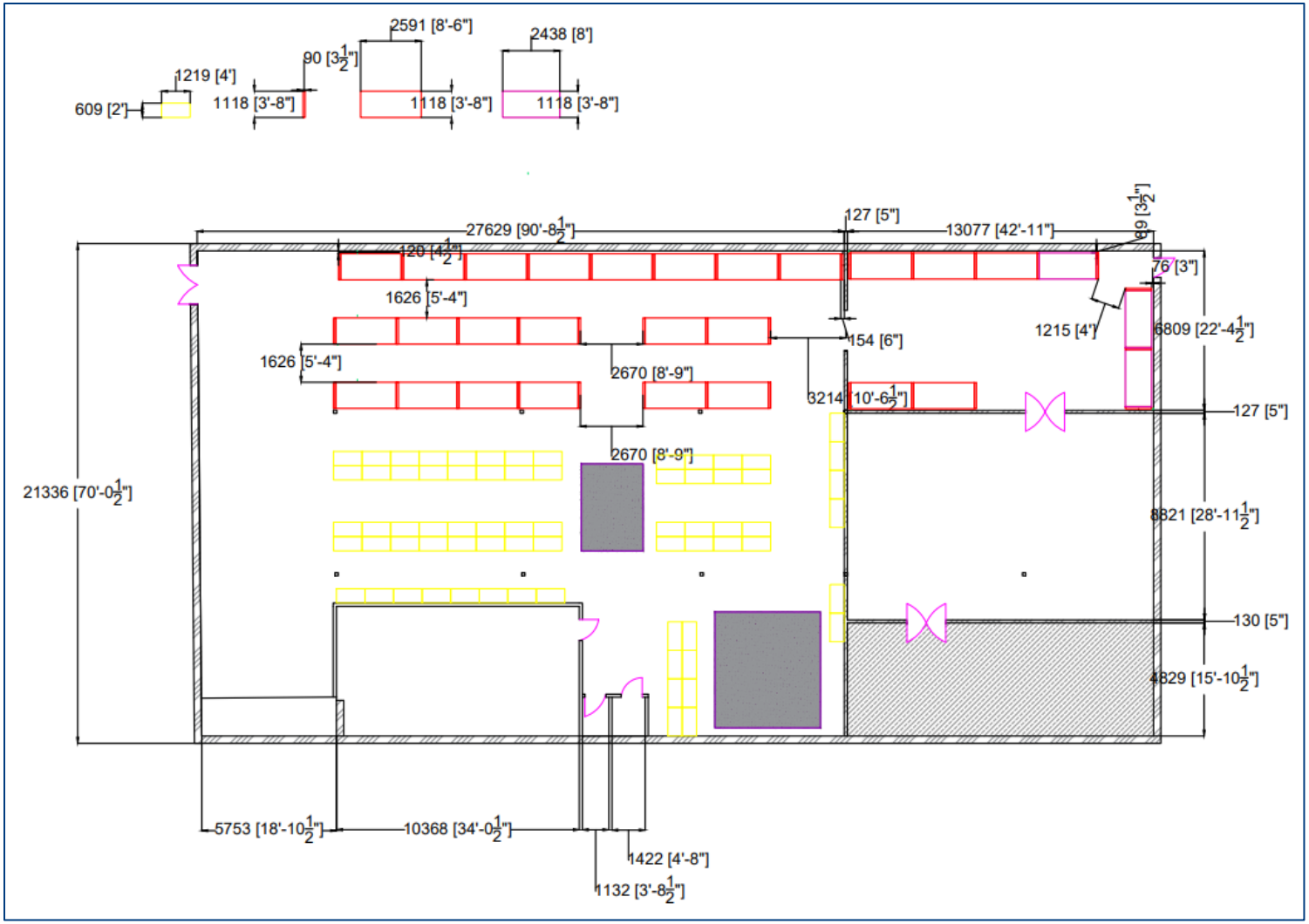


Figure 10 : Aménagement actuel de Réco.

1.9.2. Répartition des espaces de stockage

Un premier aménagement a été mis en place pour organiser la disposition des articles sur les différents supports. Ces choix ont été établis rapidement pour répondre aux besoins immédiats de l'entreprise. Nous avons créé une cartographie illustrant cette répartition des produits, comme présentée dans la figure ci-dessous.

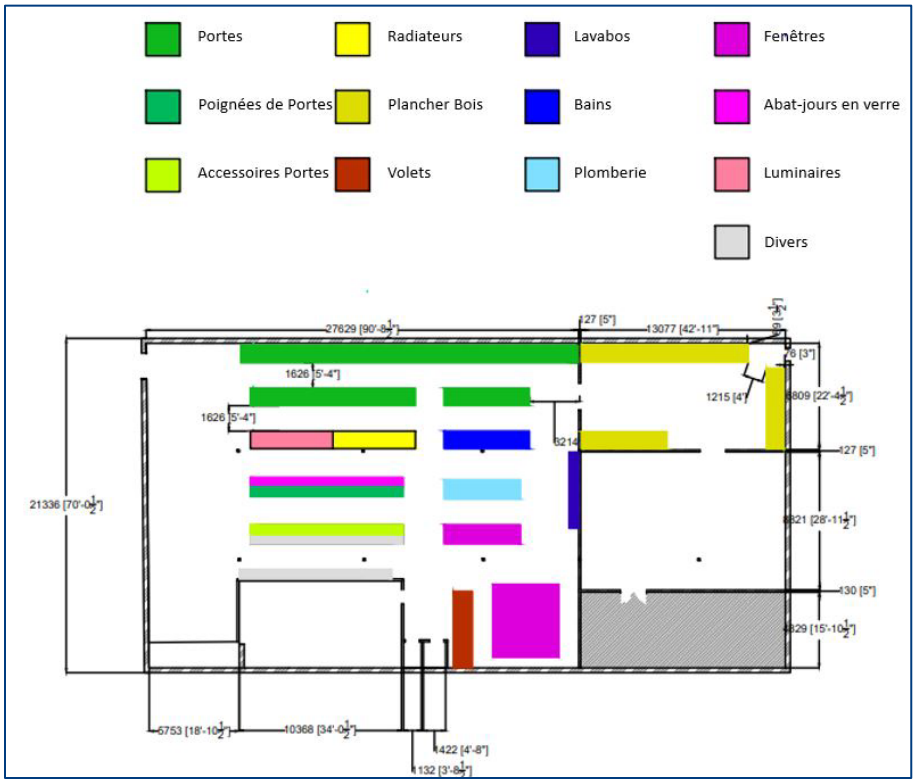


Figure 11 : Plan de répartition des articles de Réco.

La figure 12 montre la répartition des produits en fonction de leurs caractéristiques. Les articles volumineux sont stockés sur les palettiers et les articles de plus petite taille rangés dans les armoires. Lors de nos observations, nous avons identifié 13 types principaux de produits au sein des locaux de Réco. La superficie totale de la partie magasin est de 581 m² (6 252 pi²), tandis que la zone opérationnelle de stockage s'étend sur 138,5 m² (1 490 pi²). Cela comprend 88 m² (946 pi²) d'espace sur les palettiers et 50,5 m² (544 pi²) d'espace dans les armoires. De plus, il existe deux zones de stockage au sol sans support, totalisant environ 40 m² (400 pi²). À l'heure actuelle, l'entrepôt est occupé à 100 % de sa capacité en surface, nécessitant ainsi un stockage supplémentaire dans un autre entrepôt qui représente un tiers de la totalité des produits en état de surstock dans un entrepôt de débordement.

1.9.3. Résultat d'observation terrain

Nous allons, dans cette partie, comparer la gestion du stockage par type de produits par rapport aux données que nous avons relevées lors de la première étape, telles que les informations sur l'inventaire et les rapports de vente. Nous allons également prendre en compte les grands défis de la logistique, tels que la gestion des "mudas" et autres outils de gestion en amélioration continue [15] [16]. Dans un contexte hautement concurrentiel, les acteurs de l'industrie sont confrontés à l'impératif de gérer de manière

efficiente tout en maîtrisant les coûts. Dans le cadre de l'amélioration continue, il devient essentiel d'éliminer les différentes formes de gaspillage présentes dans les processus.

Les sept types de gaspillage, communément désignés sous le terme « Muda », ont le potentiel de compromettre la rentabilité, de réduire la qualité, d'augmenter les coûts de gestion, voire de miner la satisfaction des employés. C'est pourquoi il est impératif d'identifier les activités qui n'apportent aucune valeur ajoutée et de les éliminer dans le but d'améliorer les processus dans lesquels elles s'inscrivent [17].

- **Surproduction :** Le gaspillage se manifeste dans cette situation par le surplus que le client n'a pas l'intention de payer. Produire en excès signifie dépasser la demande du client, entraînant ainsi des coûts additionnels. La surproduction, d'une certaine manière, contribue à l'émergence des six autres types de gaspillages. La production excessive requiert également plus de déplacements, entraînant des temps d'attente prolongés, etc.
- **Surstockage ou stock inutiles :** Les surplus de stocks résultent fréquemment de pratiques où les entreprises conservent un excédent afin de répondre à une demande imprévue. Toutefois, ces stocks excédentaires répondent rarement aux besoins du client et ne contribuent pas à la création de valeur, simplement en augmentant les coûts d'entreposage et les dépenses liées à l'amortissement.
- **Transports et déplacements inutiles :** Cela englobe tous les déplacements inutiles de la matière ou des collaborateurs du point A au point B. Le déplacement constant des matériaux peut entraîner des coûts pour l'entreprise et compromettre la qualité. Par conséquent, il est recommandé de revoir l'organisation de l'espace de travail afin de minimiser ces déplacements inutiles.
- **Surprocessing ou traitements inutiles :** Il fait référence aux tâches supplémentaires effectuées sur un poste de travail ou sur l'ensemble du processus. Ces contrôles, selon la méthodologie Lean, sont considérés comme des tâches sans valeur ajoutée. Le client n'est généralement pas disposé à payer pour ces contrôles, préférant obtenir la qualité dès le départ.
- **Mouvements inutiles :** Ces déplacements englobent tous les mouvements effectués dans la zone de travail, à l'intérieur de la zone ergonomique du collaborateur. Il est fréquent de faire référence à des problèmes ergonomiques dans ce contexte.
- **Qualité :** La qualité peut être un enjeu à chaque étape du cycle de vie d'un produit, de la réception initiale à l'expédition finale vers le client.
- **Temps d'attente et délais :** Le temps perdu par les opérateurs ou non rentabilisé.

Avec les connaissances des Mudas, une intervention sur le site a permis d'effectuer des observations sur la gestion du stock et de l'espace des principaux produits de Réco.

Les portes

Les portes constituent actuellement le produit phare de Réco, représentant le plus grand volume d'articles en magasin et générant le chiffre d'affaires le plus élevé. Nous recensons environ 900 portes, dont 700 sont physiquement présentes en magasin, tandis que plus d'une centaine se trouve en stock de débordement. Sur une période d'environ huit mois, environ 200 unités ont été vendues, ce qui signifie que Réco dispose d'une réserve équivalente à 36 mois de ventes, si le rythme actuel d'environ 25 ventes par mois se maintient.

Pour la gestion des portes, le stockage a été optimisé grâce à un aménagement des palettiers. Cette gestion est accompagnée d'une procédure de conditionnement consistant à retirer les accessoires tels que les poignées, les gonds et les plaques de portes. Étant donné l'importance de ce produit pour l'entreprise, une planification soignée de l'espace a été mise en place, prenant en compte les contraintes spatiales spécifiques. Les portes sont situées près de l'entrée du magasin, réduisant ainsi les déplacements nécessaires pour les opérateurs en interaction avec les clients.

Photos Illustration Source : ETS/Réco

Les portes représentent le produit phare de Réco et l'équipe a optimisé leurs emplacements dans l'entrepôt. Toutefois, nous avons identifié une contrainte majeure liée à la quantité de portes en stock, occupant actuellement 50 % de l'espace dédié aux articles volumineux. Réduire la quantité en stock de portes libèrerait un espace précieux pour d'autres produits volumineux prometteurs. Pour cela, nous recommandons d'initier un processus de tri et de sélection des produits au niveau de l'approvisionnement.

Les fenêtres

Les fenêtres sont un autre produit de grande importance, classé en catégorie A (voir figure ci-dessous). Dans l'inventaire numérique, on compte 263 fenêtres. Les rapports de ventes indiquent que 43 fenêtres ont été vendues sur une période de 8 mois, suggérant une réserve potentielle de 44 mois.

Les fenêtres sont réparties sur deux zones distinctes (voir figure ci-dessous) : les grands formats et les petits formats. Les fenêtres de grand format sont actuellement disposées directement au sol ou sur des palettes sans support de maintien. Elles sont difficiles à déplacer et peu visibles pour les clients. Après consultation du directeur des opérations, une solution est actuellement envisagée pour améliorer la sécurité de ces produits. Cela impliquerait l'installation de supports en équerre pour stabiliser les grandes fenêtres, qui en raison de leurs formes variées, sont actuellement en équilibre précaire et pourraient

tomber facilement. Ces supports amélioreraient la sécurité et la visibilité du produit pour les clients. En revanche, les petites fenêtres sont placées dans des armoires autoportantes, ce qui les rend plus facilement déplaçables et accessibles aux clients. La gestion de l'espace pour ces fenêtres est mieux conçue que pour les grands formats.

Photos Illustration Source : ETS/Réco

Les fenêtres représentent un produit à fort potentiel pour Réco, mais actuellement, elles ne sont pas suffisamment mises en valeur dans le magasin. Elles sont situées à l'arrière du magasin, à proximité de l'atelier et de l'espace du personnel (voir ANNEXE III). Étant donné qu'il s'agit d'un produit phare (classe A), il est recommandé de les mettre en avant de plus que de nombreux grands formats sont en état neuf. L'ajout de supports appropriés est essentiel, car les produits ne sont actuellement pas correctement stabilisés, ce qui peut dissuader les clients. Les formats plus petits sont mieux disposés, bien qu'un classement par dimension dans les armoires pourrait améliorer le rangement et la visibilité.

Lavabos et Bains

La gestion de stock de ces deux produits est complexe, car les données du progiciel indiquent la présence de 9 baignoires et de 53 lavabos. Cependant, ces chiffres ne concordent pas avec les observations et les informations qui m'ont été communiquées. Sur le terrain, nous recensons environ une trentaine de lavabos en magasin, tandis que des sources fiables indiquent la présence de plus de 100 articles en stock de débordement. Il est à noter que ces produits sont de classe B (voir figure ci-dessous). Les rapports de vente ont enregistré la vente de 17 lavabos et 9 baignoires sur une période de 8 mois.

Les lavabos sont entreposés sur des étagères, positionnés verticalement pour optimiser l'espace autant que possible. En revanche, les baignoires sont stockées sur des palettes à deux niveaux, parfois alignées en longueur et d'autres fois en largeur.

Photos Illustration Source : ETS/Réco

Ces deux produits, bien que volumineux, présentent des ventes relativement faibles en comparaison de leur nombre en rayon. Une caractéristique commune à ces deux produits est le manque de conditionnement. Bien que l'aspect authentique soit crucial pour les produits proposés par Réco, certains articles sont en rayon dans un état poussiéreux et sale, dépourvus de toute valeur ajoutée. Il serait judicieux d'envisager un traitement à la réception avant de les mettre en rayon.

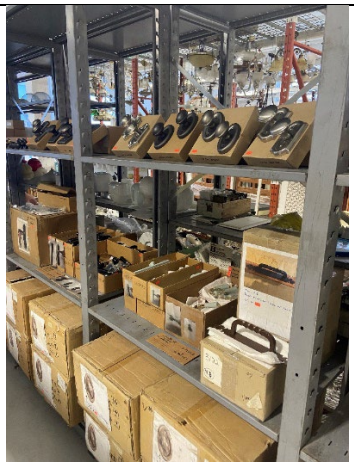
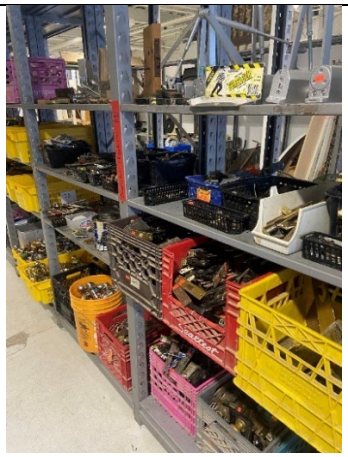
Concernant l'espace dédié aux bains, il serait préférable de les disposer au sol sur un seul niveau en raison de leur poids et de leur encombrement. De plus, les clients portent principalement leur attention sur l'intérieur du bain, qui n'est pas visible depuis les niveaux supérieurs. Dans une optique d'optimisation de l'espace, il serait pertinent de les installer en largeur plutôt qu'en longueur, permettant ainsi de maximiser le nombre de produits exposés tout en minimisant l'encombrement.

Accessoires de portes et diverses quincailleries

L'inventaire de ces produits demeure imprécis en raison de leur nombre important et non renseigné sur l'inventaire du progiciel, et ils occupent une grande partie de la zone réservée aux petits produits. Ces articles, classés en catégorie A, sont souvent associés aux portes et connaissent une bonne dynamique de vente. Ces produits se caractérisent par leurs diversités, englobant des différences significatives en termes de type, de forme, de volume, de poids, de matière, etc. Ils sont fréquemment disposés dans des bacs ou même directement dans les armoires. Cependant, une tentative a été entreprise pour regrouper les poignées par lots en catégories distinctes, avec la mise en place d'un présentoir illustrant chaque article (voir photo ci-dessous).

Conformément à l'initiative de Réco, il est essentiel de regrouper ces nombreux petits objets en lots, ce qui améliorera la recherche tant pour les clients que pour les opérateurs. Cette stratégie contribuera à optimiser le rangement et l'accès aux produits. Il serait judicieux de suivre la démarche initiée avec les poignées de porte et de l'appliquer à d'autres articles, ce qui permettra d'optimiser l'espace de stockage. De plus, améliorer la gestion de l'inventaire est essentiel, car ces petits produits ne sont actuellement pas pris en compte. Cette lacune pourrait à l'avenir poser des problèmes au service des approvisionnements, qui ne dispose pas d'une vue précise de l'état des stocks.

Photos Illustration Source : ETS/Réco

Les luminaires

Dans l'inventaire, nous recensons 121 luminaires, ce qui en fait le deuxième produit le plus vendu chez Réco, avec 63 ventes au cours des huit derniers mois. Actuellement, ces articles sont regroupés en tête de rayon, sur les armoires. Les luminaires, en tant que produit générant un important revenu, peuvent être optimisés en étant suspendus en hauteur. L'entreprise pourrait exploiter cette caractéristique pour une meilleure utilisation de l'espace, car peu de produits occupent actuellement les niveaux supérieurs des

supports. Cette réorganisation permettrait de libérer de l'espace pour d'autres produits qui nécessitent une surface de stockage sur ces supports.

Photos Illustration Source : ETS/Réco

1.9.4. Conclusion de la gestion de l'espace

Avec ces observations, il devient évident qu'une gestion efficace de l'espace en entrepôt est essentielle pour optimiser les opérations de Réco. L'utilisation stratégique de l'espace de stockage permettrait de libérer de la place pour les produits qui en ont besoin, d'améliorer la visibilité des produits et de faciliter l'accès aux articles. Cela entraînerait une utilisation plus efficiente de l'espace disponible, réduisant ainsi le risque de saturation ou d'encombrement.

De plus, la gestion de l'espace en entrepôt est intimement liée à la gestion de l'approvisionnement. Les différentes observations mettent en évidence l'importance de regrouper les petits objets en lots, d'améliorer la gestion de l'inventaire et de mettre en place un processus de tri et de sélection des produits au niveau de l'approvisionnement. Une gestion plus efficace de l'inventaire garantirait une vue précise de l'état des stocks, aidant ainsi le service des approvisionnements à mieux planifier les commandes et à éviter les pénuries ou les surplus inutiles.

En somme, la gestion de l'espace en entrepôt est un élément clé de l'optimisation des opérations de Réco. Elle a un impact direct sur la gestion de l'approvisionnement, en permettant une meilleure gestion, un stockage plus efficace des produits, et une amélioration de l'accès aux articles et à leurs informations. En combinant ces deux aspects, l'entreprise peut réduire les coûts, augmenter la satisfaction des clients et maximiser ses bénéfices.

RECOMMANDATIONS ET SOLUTIONS

Ce travail, étalé sur huit mois, a permis d'identifier de bonnes pratiques ainsi que des pratiques à améliorer. Les enseignements tirés de cette expérience nous ont permis désormais de formuler des recommandations et des conseils en vue d'établir une base logistique solide pour la création d'un centre de réemploi dans le secteur de la construction.

1.10. INDICATEURS DE PERFORMANCES

Dans notre contexte, il est encore plus essentiel de générer des données pour maintenir le cap. Nous cherchons à contrer la variabilité des flux entrants. La production de données est comparable à la possession de quelques numéros gagnants à la loterie, améliorant ainsi nos chances de réussite et atténuant l'impact de l'aléatoire. Ces données nous permettent d'agir plutôt que de simplement réagir à de nombreuses situations.

Dans le cadre d'une gestion logistique optimale, deux aspects primordiaux requièrent une attention particulière :

- **Le contrôle total sur les flux internes**: Pour gérer ce genre de flux les responsables d'opération et d'exploitation doivent être conscients de tous les flux (informations, matières...) logistiques de l'entreprise et cela passe notamment par l'établissement de rapports détaillés sur toutes les activités. Ceci facilitera la génération des données relatives aux flux entrants et sortants, offrant ainsi une visibilité complète.
- **La gestion rigoureuse de l'inventaire et des comptes**: Une gestion rigoureuse de l'inventaire et des comptes assure une traçabilité fiable des produits, contribuant ainsi à une gestion logistique transparente et efficiente. Un inventaire exhaustif et détaillé permet de connaître les activités, et optimise la prise de décisions.

Il faut être capable de pouvoir générer des données clés telles que :

- Quantité de produits (en stock, vendu, à recevoir)
- Information des produits (Dimensions, poids, couleur, matières ...)
- Date d'arrivée du produit, date de vente et temps passé en stock
- L'espace de l'entrepôt (superficie totale, espace disponible, occupé)

Il est important de maintenir une réflexion constante, en remettant en question nos actions plutôt que de simplement réagir face aux défis rencontrés. Les données, lorsqu'elles sont correctement interprétées, sont précieuses. C'est pourquoi il est nécessaire de suivre l'évolution et d'établir des indicateurs de performance adaptés, permettant d'évaluer la santé globale du système de gestion, particulièrement face à la complexité des flux entrants variable.

Pour optimiser l'efficacité de l'entrepôt existant, il est impératif de mettre en place des mesures et des indicateurs. Ils permettent notamment de surveiller l'état de santé du stock afin d'agir proactivement face à la variabilité des mouvements, de connaître la saturation des stocks ou simplement l'espace disponible pour l'approvisionnement.

De plus, ces indicateurs facilitent l'identification des produits clés, tels que les meilleurs produits, permettant ainsi de les mettre en avant de manière plus efficace, ou encore de repérer les produits posant des problèmes pour l'entreprise. Ils permettent de faire passer des données brutes à des informations capitales [18],[19]. Pour ce faire, nous considérons nécessaire de mettre en place les indicateurs de performance (KPI) suivants :

1.10.1. Durée maximale de rentabilisation (DMR)

Cet indicateur vise à déterminer, en nombre de jours, la période au-delà de laquelle un produit cesse d'être rentable par rapport à son prix initial.

$$\boldsymbol{DMR} = \frac{\boldsymbol{Valeur\ du\ produit}}{\boldsymbol{Cout\ de\ gestion}} = \frac{\boldsymbol{Prix\ de\ vente}}{\boldsymbol{Cout\ de\ stockage\ par\ jour + cout\ fixe}} \quad (1)$$

Le coût de stockage par jour peut être défini comme le coût associé à la détention d'un produit spécifique sur une base quotidienne. Ce coût inclut le loyer de l'espace de stockage nécessaire pour le produit. La formule pour le coût de stockage par jour pour un produit spécifique serait la suivante :

$$\frac{Coût\ total\ du\ loyer\ par\ jour}{Surface\ ou\ volume\ de\ l'entrepôt} * Surface\ ou\ volume\ équivalent\ du\ produit$$

1.10.2. Taux d'occupation (TO)

Le taux d'occupation offre une indication du pourcentage d'espace disponible dans votre entrepôt. Il s'obtient en divisant le volume moyen stocké par la capacité totale de l'entrepôt. Pour assurer une efficacité optimale, il est essentiel de veiller à ce que l'entrepôt ne soit pas excessivement chargé. On considère généralement qu'un taux de 80% est un bon objectif [20].

$$TO = \frac{Volume\ de\ stokage\ utilisé}{Volume\ de\ sotckage\ disponible} \quad (2)$$

Chez Réco le stockage disponible maximum est environ de 10 000pi3.

1.10.3. Taux de Rotation des stocks (Turnover Rate : TR)

Ce KPI permet de déterminer la fréquence à laquelle les produits sont vendus ou utilisés et remplacés dans une famille de produits spécifique, fournissant ainsi des informations sur la rapidité avec laquelle les articles circulent dans l'entrepôt ou sur le marché. Ce KPI est crucial pour évaluer l'efficacité de la gestion des stocks. Un taux de rotation élevé peut indiquer une gestion efficace des stocks, tandis qu'un taux plus bas peut suggérer un surplus de stocks ou une inefficacité dans la gestion.

$$TR = \frac{Cout\ des\ articles\ vendu}{Valeur\ moyenne\ du\ stock} \quad (3)$$

1.10.4. Stock en semaine de réserve (SWH = Stock Week on Hand)

Ce KPI évalue la période pendant laquelle le stock actuel devrait perdurer en se basant sur le taux moyen de ventes hebdomadaire. Il fournit une perspective temporelle sur la disponibilité du stock, offrant ainsi une utilité significative pour la planification de la chaîne d'approvisionnement et la gestion des niveaux de stock [21].

$$SWH = \frac{Nombre\ en\ stock}{Nombre\ de\ vente\ moyenne\ par\ semaine} \quad (4)$$

- Délai maximal d'approvisionnement (DMA) :

Le Délai maximal d'approvisionnement est évalué en fonction de la fréquence et de la disponibilité des dons. Étant donné que les approvisionnements proviennent de contributions bénévoles, le délai maximal est déterminé en tenant compte de la variabilité naturelle dans la réception des dons. Plus spécifiquement, l'historique des dons est examiné, et les cas où le délai entre les dons a été le plus long sont identifiés. Cette période est ensuite considérée comme le Délai maximal d'approvisionnement dans des circonstances inhabituelles.

- Lead Time des fournisseurs (LTF) :

Dans le contexte de leur modèle basé sur des dons, le Lead Time des fournisseurs dans les circonstances normales de Réco représente le temps moyen nécessaire pour que les dons soient acceptés et livrés. Cette évaluation est basée sur des expériences passées et des données historiques relatives à la collecte et à la livraison des dons. Cette mesure offre une compréhension du délai typique entre la disponibilité des produits et leur réception dans leur entrepôt.

- Demande moyenne du produit (DMP) :

La Demande moyenne du produit est calculée en observant la quantité de produits nécessaires sur une période donnée. Dans le cas où des données historiques ne sont pas disponibles, l'estimation commence en se basant sur l'utilisation passée des produits. Cette mesure permet d'évaluer la quantité moyenne de produits que leur entreprise requiert sur une base régulière, facilitant ainsi la planification des stocks et la gestion des niveaux de demande fluctuants.

Le stock de sécurité à maintenir en stock en plus de la demande hebdomadaire ce calcul comme suit [22].

$$Stock\ de\ sécurité = (DMA - LTF) * DMP \quad (5)$$

En intégrant ces paramètres dans le modèle de calcul du stock de sécurité, on veille à prendre en compte les particularités du modèle d'affaires basé sur des dons, où la variabilité des approvisionnements et des délais peut être plus prononcée.

1.10.5. Taux de GES détourné (GES)

Dans le cadre de notre projet, il était demandé de mettre en place des indicateurs pour mesurer l'impact environnemental du centre de réemploi. L'indicateur à mettre en œuvre pour évaluer cet impact est le volume de gaz à effet de serre (GES) détourné de l'élimination des produits sauvés.

Le calcul des émissions de gaz à effet de serre (GES) qui auraient été générées si des produits ou matériaux avaient été éliminés (par exemple, envoyés à l'enfouissement). Cet indicateur permet d'évaluer quantitativement l'impact environnemental positif de Réco et estimer de manière précise la réduction des émissions de GES résultant de ses opérations.

$$GES = Masse\ du\ produit * facteur\ d'émission\ CO2\ à\ l'élimination\ (tCO2e) \quad (6)$$

- tCO_2e = termes de tonnes de dioxyde de carbone équivalentes par unité de produit ou de matériau.

*Exemple pour le bois d'aménagement a un coefficient de 36,7 kg de CO2 par tonne de bois éliminé. Une porte en bois de 60kg va produire 0.06*36.7 = 2.202kg de CO2 (Source base Carbone ADEME) [23]*

Afin d'identifier le facteur d'émission par produit ou par matière, il est nécessaire de consulter des bases de données. Ce processus s'avère complexe et pourrait constituer un sujet distinct, car actuellement, aucune base de données publique n'est disponible en Amérique du Nord pour les produits de Réco. Nous avons seulement accès à un équivalent français grâce aux données publiques de l'ADEME. Cependant, des données de cette nature peuvent être obtenues à partir de bases de données payantes telles que Ecoinvent [24].

1.10.6. Méthode de Pareto (ABC)

L'intégration d'un outil de gestion des ventes s'est avérée essentielle. Lors de notre arrivée dans le projet Réco, aucun rapport n'était généré pour identifier les meilleurs produits. Nous avons donc pris l'initiative de créer cette donnée en classifiant les produits en fonction de leur quantité et du revenu généré (voir figure 8). La méthode ABC [25], aussi connue sous le nom de méthode Pareto ou règle 80/20, a été mise en œuvre pour analyser et classer ces données. Cela a grandement facilité l'identification plus précise des produits ou catégories ayant le plus grand impact financier.

> *« La loi de Pareto a été formulée par le sociologue et économiste italien Vilfredo Pareto à la fin du 19e siècle. Elle suggère que, bien souvent, 20 % des efforts sont à l'origine de 80 % des résultats, c'est-à-dire qu'une petite partie des causes produit la plupart des résultats. »[26]*

- Catégorie A : Ces articles revêtent une importance capitale pour l'entreprise et requièrent une attention particulière. Ils doivent être constamment en stock et faire l'objet d'un contrôle rigoureux. On retrouve des produits tels que les portes, les luminaires et les poignées de porte.
- Catégorie B : Ces produits ont une valeur intermédiaire, comme les lavabos, la boiserie ou les bains. Bien qu'ils soient moins cruciaux que ceux de la catégorie A, ils sont une grande part des stocks et ont un impact non négligeable.

- Catégorie C : Cette catégorie rassemble les produits de faible valeur, représentant une petite portion des stocks et ayant un impact financier relativement faible, tel que les sanitaires, les robinetteries ou les volets. L'entreprise peut adopter une approche plus souple pour ces articles, par exemple en réduisant les niveaux de stock ou en limitant le suivi rigoureux.

La priorisation des ressources se révèle essentielle. En identifiant les produits, les clients ou les activités qui contribuent à 80 % des résultats, les entreprises peuvent efficacement allouer leurs ressources et leur temps sur ce qui a un réel effet.

L'optimisation des stocks constitue un aspect clé. Généralement, une petite fraction de produits génère la majeure partie des revenus. Mettre l'accent sur ces produits, il devient possible de gérer les niveaux de stocks de manière plus efficiente et d'éviter la survalorisation des produits à rotation faible.

Cette approche a également un impact positif sur l'efficacité opérationnelle. En identifiant les éléments insignifiants dans les flux internes, des mesures correctives peuvent être mises en place, la réduction des temps d'attente ou la gestion des processus internes.

Un impact financier peut être atteint en se focalisant sur les aspects essentiels de la logistique. Cette stratégie facilite l'identification des domaines propices à des économies sans sacrifier du stockage ou la gestion des stocks.

1.11. AMÉNAGEMENT DE L'ESPACE

Pour mettre en place ces KPI, il est essentiel d'effectuer des mesures précises. À cette fin, nous pouvons proposer des pistes d'amélioration du stockage actuel afin de faciliter les opérations chez Reco.

Dans le cadre de notre démarche, nous avons envisagé de modifier la structure des aménagements de l'entrepôt actuel. Cependant, les palettiers fixés au sol rendent cette modification peu viable pour Reco, car elle nécessiterait un réaménagement total de l'entrepôt, entraînant des coûts trop élevés.

Par conséquent, nous avons imaginé comment améliorer la situation actuelle sans déplacer les structures. Il reste donc le travail de positionnement de produits pour maximiser l'espace disponible et faciliter les opérations dans l'entrepôt, tant en termes de déplacement de matières que de rapports d'inventaire. Cela permettrait d'optimiser les flux de matières et d'informations [27],[28].

Optimisation de l'utilisation de l'espace :

1. Corrélation entre les dimensions des produits et des emplacements : Par exemple, les articles doivent être placés et conditionnés dans des emplacements proportionnés à leur taille.
2. Stockage raisonnable des produits : Chaque emplacement doit contenir une quantité adéquate d'un produit pour atteindre les objectifs de réapprovisionnement.

Le positionnement de produits (ou slotting en anglais) des produits est un processus dynamique. Les demandes pour un produit évoluent, et les stratégies de stockage doivent s'adapter en conséquence. Il est

essentiel de repositionner régulièrement les produits dans l'entrepôt pour maintenir une efficacité opérationnelle optimale. Certaines entreprises réajustent leur disposition de produits de grande consommation quotidiennement ou hebdomadairement, en se basant sur la rentabilité des produits.

Le positionnement des produits est une démarche spécifique à chaque environnement. La méthode de placement de l'inventaire dépend des besoins particuliers de l'entreprise, et il est essentiel de développer des règles adaptées. Plusieurs outils spécialisés dans le placement des produits sont disponibles. Dans les entrepôts plus petits, le positionnement des produits est souvent réalisé manuellement ou de tableurs standards.

Les principaux fournisseurs de WMS prennent en compte la gestion du positionnement des produits. Ce type d'outils numériques de positionnement des produits facilitent grandement les opérations impliquant un grand nombre de produits ou pour les entreprises où les produits changent fréquemment. Toutefois, il est à noter que ce type d'outils peuvent être coûteux et nécessitent des compétences pour leur utilisation.

Nous avons déjà classé les produits en deux grandes catégories :les grands et les petits. N'ayant pas les volumes ni les dimensions précises, nous avons créé des unités génériques. Pour les grands volumes, nous avons défini un cube de 30 po * 80 po * 48 po, correspondant à : 1 bain, 10 portes, 5 toilettes, 8 lavabos et 10 fenêtres. Les dimensions de ce cube ont été déterminées en fonction des dimensions des palettiers ainsi que des normes nord-américaines standards des palettes (40 * 48 po). Chaque produit appartenant à la catégorie des grands produits doit également tenir de manière stable dans cette unité [29],[30],[31],[32],[33]. Pour les petits volumes, un cube de 7 1/8 x 22 1/8 x 6 po a été défini. Ces dimensions sont basées sur la taille des petits produits et l'espace disponible sur les étagères industrielles que Reco possède [34],[35].

1.11.1. Conditionnement des très petits produits

Nos recherches ont conduit à la recommandation de remplacer le conditionnement actuel en carton par l'utilisation de boîtes en plastique aux dimensions correspondant aux armoires autoportantes détenues par Réco. Des bacs standards de dimensions 8 1/2 x 24 x 6 pouces ont été identifiés comme des formats appropriés permettant de standardiser les dimensions des produits.

Bac standard

Cette approche présente plusieurs avantages, tels que la facilité de connaître l'espace disponible sur les étagères, la détermination précise des volumes de chaque produit, et la contrainte des produits dans un espace prédéfini. Ces bacs offrent également d'autres avantages, notamment la possibilité d'apposer le code QR détenu par Réco, simplifiant ainsi le processus d'inventaire. Pour les clients, cela facilite la recherche des produits, favorise un classement efficace et permet l'ajout d'une photo illustrative pour identifier le contenu du bac. Le rangement et le conditionnement des produits contribuent à une gestion opérationnelle plus efficace en évitant la dispersion des produits, garantissant que chaque article a sa place désignée sans empiéter sur les autres, et améliorent l'expérience de magasinage pour les clients.

1.11.2. Évolution de l'aménagement

Avec les plans fournis par l'ASFQ pour le nouveau site, nous nous sommes plongés dans une réflexion d'optimisation. Nous avons trouvé une solution qui améliore la structure actuelle. Le plan que nous proposons augmente le volume de stockage disponible de 57%, passant de 9166 pi³ à 14390 pi³. Nous avons apporté d'autres améliorations, telles que l'élargissement des allées où se trouvent les palettiers, passant de 4 pi à 8 pi, permettant désormais le passage de charriots élévateurs à fourche entre longerons [36]. Cela offre un accès aux hauteurs des supports qui, auparavant, ne pouvaient être utilisées que pour de faibles volumes facilitant des opérations de stockage en hauteur grâce à des équipements adaptés, sans risque de troubles musculosquelettiques (TMS) liés à la manipulation de charges lourdes, cela améliore la santé et la sécurité au travail.

L'aménagement proposé répond à un ensemble de critères auxquels Réco est confronté. En plus du volume de stockage plus important et des allées plus larges offrant la sécurité et l'expérience client ont été repensés. Les allées où circulent les engins de manutention sont séparées des armoires de stockage où les clients peuvent magasiner, ce qui ne perturbe pas les clients pendant leurs achats, réduit les risques d'accident et facilite l'accessibilité aux différents produits pour eux et les équipes opérationnelles.

Enfin, une modification du type de support a été proposée pour remplacer une partie des palettiers par des râteliers en porte-à-faux (cantilevers) [37]. Les râteliers en porte-à-faux offrent une solution modulable plus efficace que les palettiers standards utilisés actuellement par Réco. En effet, Réco possède une grande diversité de produits allant des portes au plancher jusqu'aux fenêtres. Pour résoudre cette contrainte, nous nous sommes penchés sur une solution qui peut supporter l'ensemble de ces produits. Nous avons cherché des solutions pour stocker au mieux les planchers et le bois franc, ce qui nous a conduit aux râteliers en porte-à-faux, améliorant la sécurité et l'accessibilité du bois. Nous avons également constaté que nous pouvions l'utiliser de manière différente, par exemple, pour gérer les portes, les fenêtres ou d'autres grands volumes avec des dimensions particulières. L'ensemble de ces caractéristiques rend ce produit très modulable et extrêmement intéressant pour les équipes de Réco. Nous pouvons utiliser ce support aussi bien de manière verticale qu'à l'horizontale.

Tableau 1 : Différence entre l'aménagement actuel et notre proposition

	Aménagement actuel	Proposition d'aménagement
Espace disponible	9,166 pi3	14,390 pi3
Part de l'espace occupé dans l'entrepôt	19,9%	31,3%
Largeur des allées	4pi	8pi
Utilisation de charriot élévateur	Non	Oui
Modulabilité	+	+++
Stockage vertical	Difficile	Facile
Sécurité des opérateurs	+-	+++
Différence de stockage	57%	

Nous avons passé par la suite à comment placer les unités dans les supports de façon la plus optimisée [38] disponible en ANNEXE IV.

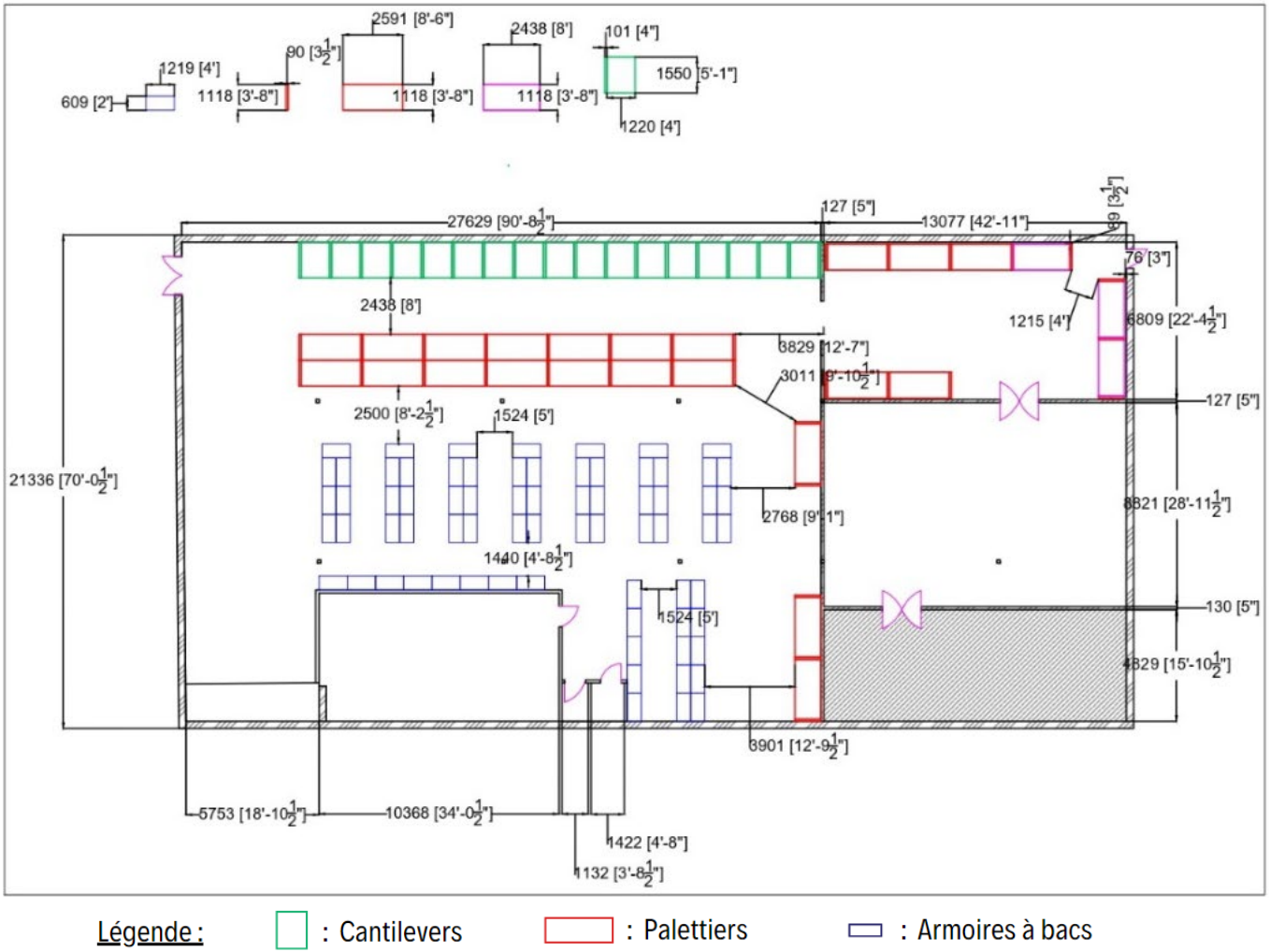


Figure 12 : Proposition d'évolution de l'aménagement de Réco

1.12. PROPOSITION GÉNÉRALE

Nous avons décidé de considérer le cas d'une entreprise possédant un espace similaire à celui étudié dans ce projet et souhaitant optimiser son aménagement pour un centre de réemploi, comme celui de l'ASFQ. Nous tiendrons compte des essais de Réco et de l'ensemble de nos recherches pour élaborer un plan d'aménagement optimal en fonction de nombreux critères.

Le premier critère pris en compte est la variabilité des produits qui arrivent. Nous avons également identifié différents supports spéciaux nécessaires. Pour les objets volumineux, les portes doivent être disposées verticalement, les bains au sol, les boiseries sur des présentoirs à bois, et les fenêtres doivent être stables sur leur support, peu importe leur forme. Les petits volumes doivent être regroupés en lots, mais les lampes seront suspendues.

Ces différents critères nous ont permis de définir les types de supports que nous utiliserons, tels que les palettiers standards, des râteliers en porte-à-faux pour gérer les stocks de bois indépendamment de leurs dimensions, des supports de rangement à bacs avec des bacs pour gérer les flux de petits articles, et des supports verticaux pour les plaques afin de gérer les fenêtres. Le tout en restant dans des dimensions standards 102x48po par exemple prenant pour référence les dimensions des palettes américaines (48x40po).

L'ensemble sera conçu de manière à ce que les produits volumineux et encombrants soient proches de la zone de réception pour réduire les opérations. L'ensemble de la dalle sera pensé sur le principe de picking "man to good" en zone. L'entrepôt sera segmenté en plusieurs sections, en prenant en compte divers critères tels que la nature des produits, la demande, les conditions de stockage et le nombre de références. Si une commande implique la préparation de produits provenant de différentes sections, elle sera ultérieurement transférée vers la zone de consolidation pour une vérification du contenu [39].

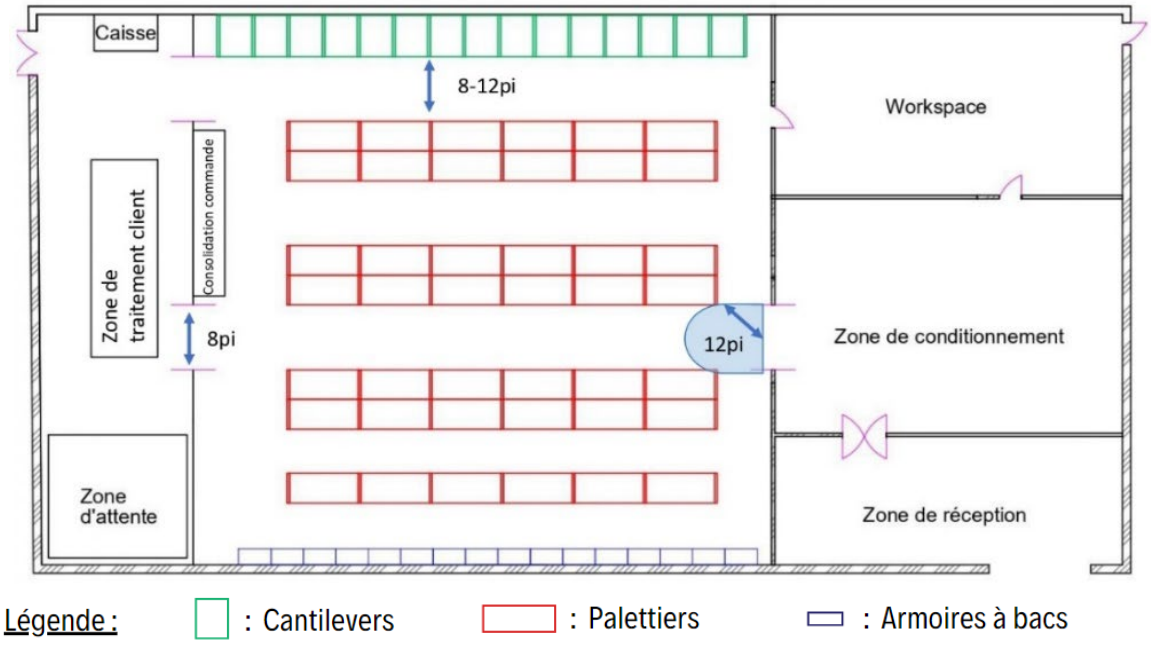


Figure 13 : Propositions d'un aménagement standard en "man to Good"

Nous avons repensé la structure du centre de réemploi après avoir observé que les opérations et la méthodologie logistique sont souvent en contradiction avec les opérations commerciales en magasin. Pour remédier à cela, nous avons divisé ces activités en deux cellules distinctes.

Une zone est dédiée à la clientèle, comprenant une zone d'attente pour les clients pendant la récupération de leur commande, une zone de caisse pour finaliser les achats et accueillir les clients, ainsi qu'une zone de traitement pour recommander, aider et accompagner les clients dans leur démarche d'achat ou de récupération de commande en ligne.

Et une zone est dédiée au stockage et aux opérations logistiques, avec une zone de consolidation des commandes visant à réduire les erreurs de commande. Une double validation des commandes avec un scan code QR sur le produit pour vérifier si la commande est complète et conforme. Nous reprenons ensuite nos recommandations faites à Réco pour inspirer des solutions de stockage généralisé, telles que la mise en place de râteliers en porte-à-faux simples sur la structure porteuse du bâtiment pour une modularité optimale et une utilisation facile pour des produits hors normes. Nous favorisons également le stockage palettisé sur des présentoirs conformes aux normes standards, tout en optant pour des armoires à bacs pour la récupération des articles unitaires lors des opérations de picking.

Il est impératif de prendre en compte les erreurs constatées chez Réco, qui avait mis en place des allées étroites dans l'entrepôt, entravant actuellement l'utilisation de moyens de manutention lourds tels que des charriots élévateurs. Cette situation exclut les solutions de stockage vertical. Dans cette optique, nous recommandons, dans la mesure du possible, d'avoir des passages d'une largeur minimale de 8 pieds et idéalement de 12 pieds pour permettre l'accès aux moyens de manutention les plus lourds. Cela assurera une circulation aisée et évitera les restrictions liées à des passages étroits.

Il est essentiel d'optimiser le placement des produits à la fois sur les supports avec une gestion efficace du positionnement des produits, mais également de manière générale en tenant compte d'une cartographie de la structure, des mouvements des opérateurs, des flux de matière et de la vélocité des produits. À cet égard, il est crucial de prendre en compte la demande des produits (vélocité) en fonction de la méthode de Pareto (80/20), comme indiqué dans les KPI. ANNEXE V.

1.13. CONCLUSION DES RECOMMANDATIONS

L'essentiel de l'optimisation logistique repose sur les données générées. Avoir suffisamment de données est primordial pour comprendre l'activité et ainsi anticiper son évolution. L'optimisation logistique est une démarche continue qui doit s'adapter perpétuellement.

Les données, lorsqu'elles sont correctement interprétées, sont précieuses. C'est pourquoi il est nécessaire de suivre l'évolution et d'établir des indicateurs de performance adaptés, permettant d'évaluer la santé globale du système de gestion, particulièrement face à la complexité des flux entrants variables.

Une bonne gestion logistique passe par l'exploitation optimale de l'espace. Il faut considérer les dimensions des espaces, les informations des objets, ainsi que les éléments de support.

L’objectif est finalement ici de minimiser les manipulations nécessaires pour gérer les produits et ainsi garantir efficacité et sécurité. Cette approche contribue à une gestion plus efficiente et en conséquence, une meilleure rentabilité.

CONCLUSION GÉNÉRALE

En conclusion, nous avons effectué une analyse approfondie de la gestion logistique dans le contexte de la logistique inverse dans le secteur de la construction. Lors de la revue de la littérature présentée, nous avons identifié le manque d'informations et la nécessité de créer des standards. En collaboration avec notre partenaire, ASFQ, nous avons accompli des avancées significatives dans cette direction.

Nous avons établi les bases de la logistique interne de ces centres et formulé des actions pour relever le principal défi, à savoir la variabilité des produits et de l'approvisionnement. L'analyse approfondie de l'entreprise, ainsi que les observations sur le terrain, nous a permis de mettre en lumière les points essentiels à prendre en compte pour ceux qui envisagent de se lancer dans ce secteur.

L'accomplissement de ce travail est conditionné par l'acceptation du changement et de nouveaux processus par l'ensemble des acteurs. Une prise de conscience efficace doit être soutenue par une sensibilisation continue et un accompagnement afin d'obtenir l'adhésion de toutes les parties prenantes au projet. La gestion du changement est un axe fondamental en innovation pour promouvoir nos recommandations et réussir à modifier les pratiques préexistantes..

Nous avons également abordé la mise en place d'indicateurs de performance clé (KPI) pour suivre les performances de l'entreprise, permettant l'identification rapide des problèmes. Il est crucial de souligner que les informations acquièrent de la valeur lorsqu'elles sont utilisées de manière judicieuse. Enfin, nous partageons des informations sur la gestion de l'espace, en expliquant comment penser le positionnement des produits et imaginer un entrepôt prenant en compte ses différentes contraintes.

RECOMMANDATIONS

Au cours de ce projet, nous avons abordé de nombreux sujets, mais en raison de contraintes de temps et de priorités divergentes par rapport aux objectifs du projet, certains thèmes pourraient faire l'objet d'une suite complète contribuant à l'évolution de la recherche en économie circulaire, en logistique inverse, et spécifiquement pour les centres de réemploi.

Un sujet important qui pourrait faire suite à notre projet, après la gestion des données et de l'espace traités dans notre étude, serait d'entreprendre une analyse complète en amont, impliquant la gestion de l'approvisionnement et les relations entre les chantiers et les centres. Cela viserait à réduire la variabilité impactant ce secteur et à fluidifier les opérations.

Dans notre projet, nous avons également évoqué un ensemble d'indicateurs de performance, dont certains, tels que les KPI sur l'impact environnemental, n'ont pas pu être traités intégralement en raison de difficultés d'accès aux ressources ou de leur complexité de mise en place. Un projet en économie circulaire axé sur la mise en place de ces KPI environnementaux pourrait bénéficier à l'ensemble du domaine.

Bien que nous ayons apporté notre expertise aux problèmes de notre entreprise pilote, une évolution pourrait être envisagée avec des outils plus performants, tels que des processus automatisés et la numérisation de certaines opérations, notamment l'implémentation de progiciel Warehouse Management Système (WMS) pour la gestion des stocks ou de progiciel comme un Transportation Management System (TMS) pour la gestion du transport. Nous espérons que ce rapport inspirera d'autres experts passionnés, qui poursuivront et développeront nos travaux.

Annexe I : RÉSUMÉ DES ARTICLES DE LA REVUE DE LITTÉRATURE

Article 1: Reverse logistics in the construction industry

La logistique inverse dans le secteur de la construction présente à la fois des avantages et des obstacles. Malgré l'intérêt croissant pour la réutilisation et le recyclage, le secteur de la construction souffre d'un manque de système de gestion des déchets. L'article met en évidence les principaux avantages de la logistique inverse, tels que la réutilisation des matériaux de construction, qui permet de maintenir les composants et matériaux dans le circuit de construction, nécessitant moins d'énergie et de matières premières tout en générant moins de pollution que le recyclage. Cependant, il existe des obstacles, notamment les coûts élevés de la déconstruction par rapport à la démolition conventionnelle, la planification complexe due à la longue durée de vie des bâtiments et le manque de connaissances sur la fin de vie des bâtiments. De plus, les réglementations strictes en matière de santé et de sécurité ralentissent la logistique inverse et augmentent les coûts liés à la récupération des matériaux. Pour exploiter les avantages de la logistique inverse dans le secteur de la construction, des efforts supplémentaires de planification continue et des ajustements des chaînes d'approvisionnement sont nécessaires, ainsi que des enquêtes à grande échelle pour combler les lacunes de connaissances et résoudre les ambiguïtés liées à la reverse logistique.

La logistique inverse dans la construction présente des avantages (réutilisation des matériaux), mais aussi des obstacles (coûts élevés, réglementations strictes). Des efforts de planification, des ajustements de la chaîne d'approvisionnement et des enquêtes à grande échelle sont nécessaires pour maximiser les avantages et résoudre les problèmes de la reverse logistique dans ce secteur.

Article 2: Organization of reverse logistics tasks in the construction industry

Cet article met en évidence les défis liés à la mise en place de processus logistiques efficaces dans la chaîne reverse de l'industrie de la construction, en raison des caractéristiques particulières des flux de déchets. La logistique inverse, qui consiste à planifier, mettre en œuvre et contrôler le flux des matières premières, des stocks en cours de fabrication, des produits finis et des déchets depuis le point de consommation jusqu'au point d'origine, est peu développée dans ce secteur. Les défis logistiques opérationnels tels que la collecte des déchets de construction, leur transport et leur valorisation sont nombreux et les produits retournés présentent des caractéristiques très variées, ce qui complique leur traitement. L'article souligne que les entreprises peuvent être motivées à mettre en place des processus de logistique inverse pour des raisons financières, législatives ou citoyennes. En Europe, les législations incitent les entreprises à adopter des pratiques de déconstruction sélective plutôt que de destruction, mais la normalisation des déchets de construction est encore insuffisante. L'article conclut sur la nécessité de structurer et d'organiser les différents maillons logistiques de la chaîne reverse pour parvenir à une valorisation efficace des déchets de construction et à une boucle de matériaux en circuit fermé.

Défis logistiques de la chaîne reverse dans l'industrie de la construction : flux de déchets complexes, logistique inverse peu développée. Nécessité d'une structuration pour valoriser les déchets et boucles de matériaux en circuit fermé, motivée par des facteurs financiers, législatifs et citoyens. Législations européennes encouragent la déconstruction sélective, mais normalisation insuffisante des déchets de construction.

Article 3: Forward and reverse logistics for circular economy in construction: A systematic literature review

Cet article examine l'impact de la logistique amont et aval dans la transition vers l'économie circulaire dans l'industrie de la construction. Bien que les deux mécanismes soient généralement considérés de manière distincte, l'étude suggère qu'ils sont interdépendants pour boucler la boucle. Pour atteindre une logistique circulaire efficace, il est important d'intégrer la création de canaux, l'intégration du réseau et la gestion des stocks. L'article souligne également que l'adoption de l'économie circulaire dans l'industrie de la construction nécessite une meilleure gestion des flux de matériaux et de ressources tout au long du cycle de vie des infrastructures et non seulement pendant la phase de construction. En outre, l'étude suggère que la logistique doit être mieux prise en compte dans la transition vers une économie circulaire, car il existe actuellement peu de chevauchement entre la logistique amont et aval. Les difficultés logistiques et la planification de la déconstruction et de la distribution des matériaux sont des défis majeurs pour une transition réussie vers l'économie circulaire dans l'industrie de la construction.

L'article suggère que la logistique amont et aval est interdépendante pour une économie circulaire efficace dans l'industrie de la construction. L'intégration de la création de canaux, de la gestion des stocks et du réseau est importante pour une gestion réussie des flux de matériaux et de ressources. Les défis logistiques de la déconstruction et de la distribution des matériaux sont des obstacles à surmonter pour réussir la transition vers l'économie circulaire.

ARTICLE 4: Strategic Decision Making in Construction Supply Chains: A Comparison of Reverse Logistics Strategies

L'étude compare différentes stratégies de recyclage pour la chaîne d'approvisionnement de la construction via une analyse du cycle de vie, soulignant que la réutilisation et la refabrication ont moins d'impact sur l'environnement que le recyclage. Les décisions en matière de RL devraient être prises aux stades de la planification et de la conception de la chaîne d'approvisionnement d'un projet de construction en tant que considération stratégique. Des analyses supplémentaires sont encouragées.

Article 5 Reverse Logistics Performance Indicators for the Construction Sector: A Building Project Case

La logistique de récupération (LR) améliore l'efficacité des organisations en réduisant les coûts de gestion des déchets et en augmentant la valeur des déchets générés par la construction. Il est essentiel de mesurer les performances de la LR dans toute l'entreprise pour en avoir une meilleure perception. La gestion de la chaîne d'approvisionnement verte (GSCM) joue un rôle clé dans l'application de la LR à toutes les phases de la construction pour un impact environnemental positif. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour appliquer ces mesures de performance conceptuelles à des projets réels.

Article 6 Main Dimensions in the Building of the Circular Supply Chain: A Literature Review

La recherche sur la chaîne d'approvisionnement circulaire présente une confusion conceptuelle et manque de bases théoriques. Des théories de gestion stratégique peuvent être appliquées pour gérer les ressources et les avantages concurrentiels. Un modèle propose des orientations pour intégrer la philosophie circulaire dans la chaîne d'approvisionnement en mettant l'accent sur les relations, l'adaptation logistique et organisationnelle, les technologies perturbatrices et un environnement fonctionnel. Cela nécessite des actions synergiques et une capacité relationnelle, ainsi qu'une adaptation logistique et la conception de modèles d'entreprise circulaires plus complexes.

Article 9 Reverse logistics network based multiperiod optimization for construction and demolition waste disposal.

Dans l'étude présente, la problématique soulevée est l'augmentation de la pollution environnementale générée par la croissance des déchets de construction et de déconstruction. Pour résoudre cette problématique, l'équipe propose un MILP pour optimiser le processus d'élimination des déchets de déconstruction et de construction. Cet article commence en indiquant les différentes mesures mises en

place dans le monde et compare quelques pays avant de présenter un cas en Chine. Xu et al. indiquent que plus un gouvernement met en place des incitatifs, meilleure va être le taux de réutilisation et de recyclage des déchets de déconstruction et de construction.

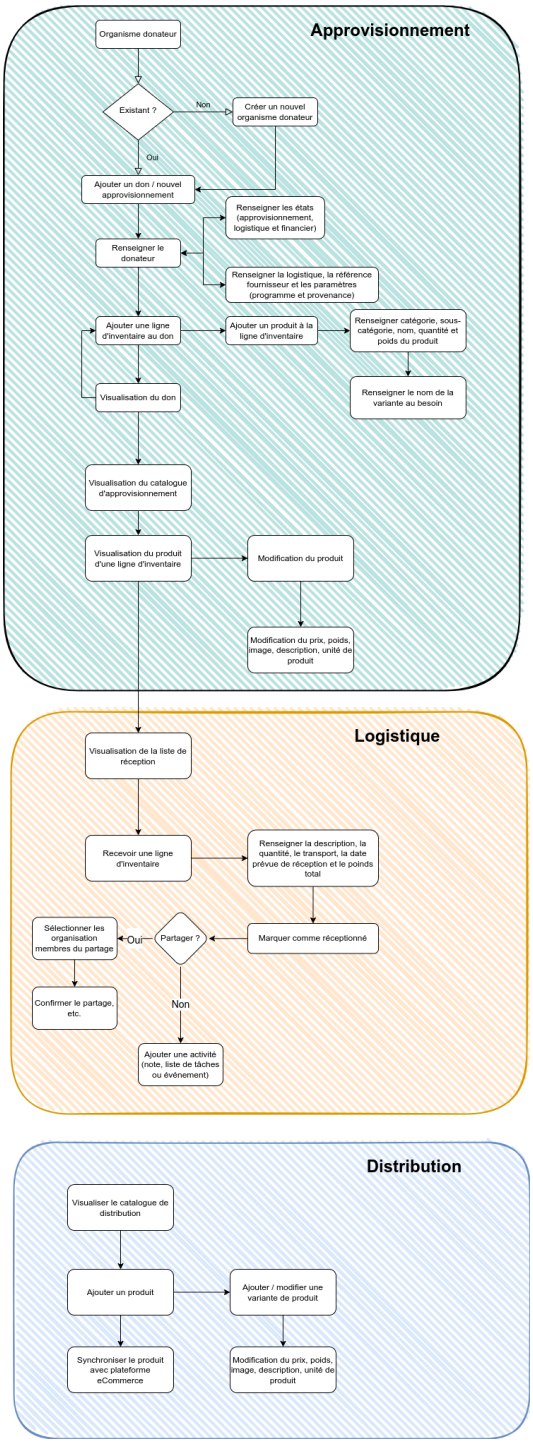
Article 8 Information sharing in reverse logistics supply chain of demolition waste: a systematic literature review.

L'article avait pour but de discerner les aspects du partage d'informations dans les chaînes d'approvisionnement inverse des déchets de déconstructions, en plus de fournir des réflexions pour de futures recherches sur ce sujet. Pour ce faire, 385 articles, qui ont été publiés entre 2000 et 2019, ont été analysés. Au final, le partage d'informations a été jugé très important pour le développement de la pratique de la déconstruction et pour améliorer le recyclage des matériaux.

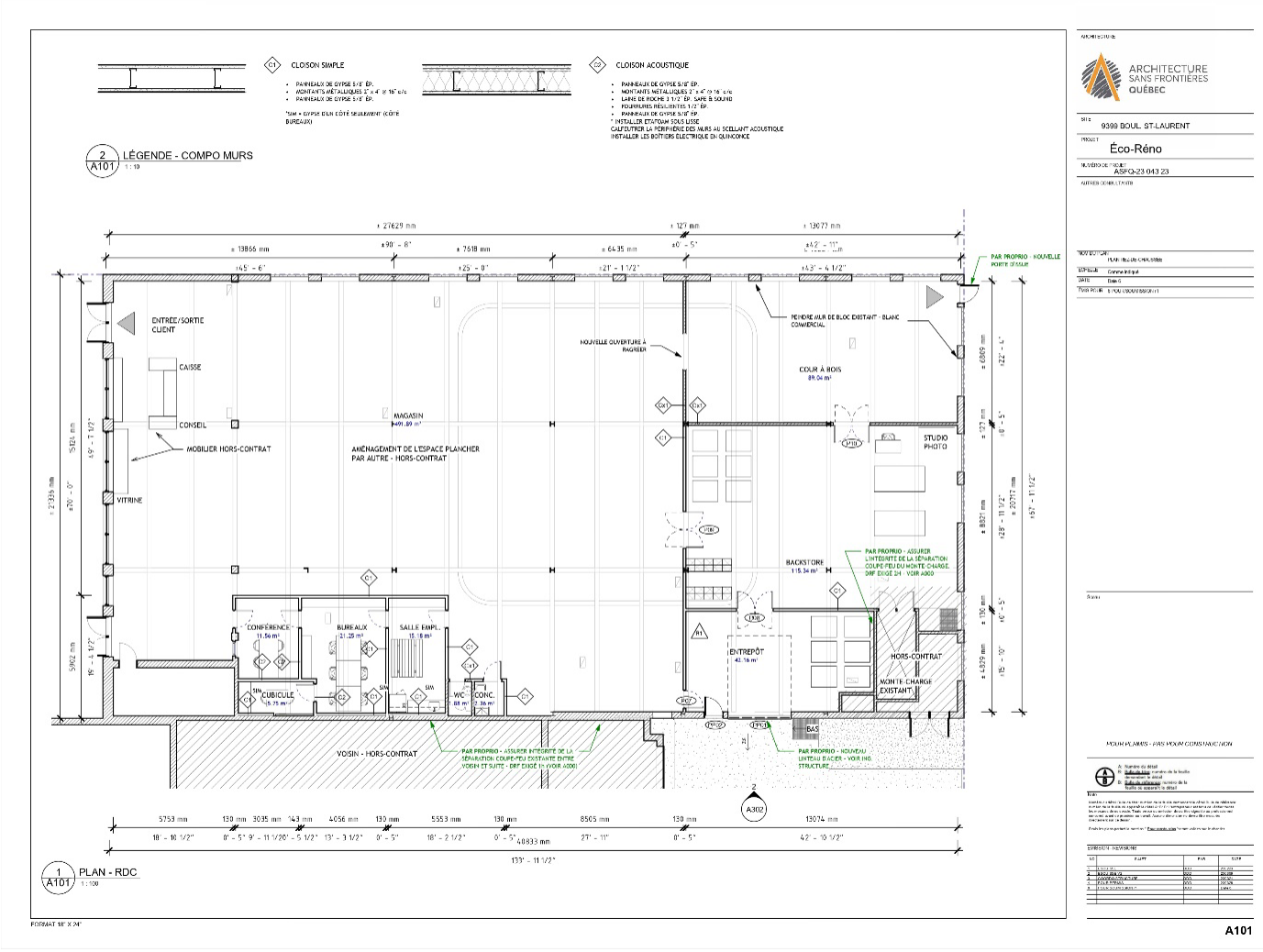
Article 7 Revamping construction supply chain processes with circular economy strategies: A systematic literature review

Ils présentent une revue de la littérature concernant les stratégies en économie circulaire pour les chaînes d'approvisionnement de la construction en débutant par la conception, puis en passant par la fabrication, la construction, l'exploitation et la maintenance. De plus, ils analysent beaucoup d'articles et traitent plus en profondeur des caractéristiques de plusieurs matériaux tels que le béton, la brique, l'acier, etc. Les auteurs amènent le fait que l'optimisation serait utile pour prendre des décisions pour la gestion des déchets et la gestion de la chaîne d'approvisionnement en plus d'indiquer qu'il serait pertinent d'analyser plus en profondeur plusieurs matériaux tels que le béton, la brique, l'acier, etc. Les auteurs amènent le fait que l'optimisation serait utile pour prendre des décisions pour la gestion des déchets et la gestion de la chaîne d'approvisionnement en plus d'indiquer qu'il serait pertinent d'analyser plus en profondeur plusieurs autres sujets tels que la conception de réseaux en boucle fermée pour améliorer la planification et l'ordonnancement des activités lors de la déconstruction en y incluant le stockage et le transport des matériaux.

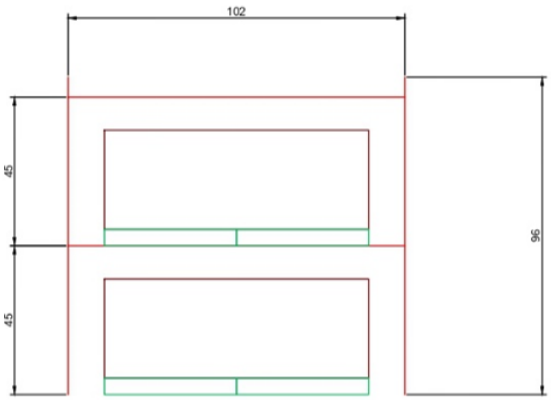
Annexe II : PROCESSUS D'INVENTAIRE INFORMATISE



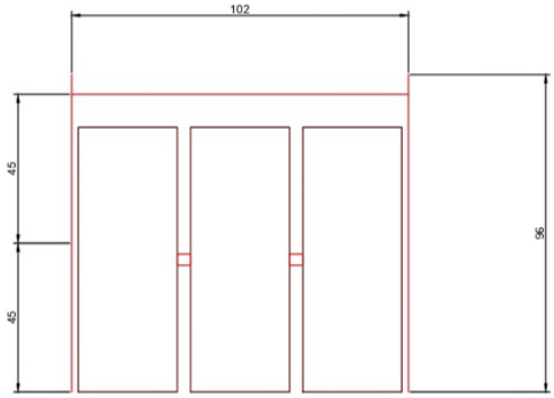
Annexe III : PLAN ARCHITECTE DE L'ENTREPÔT



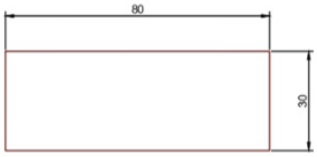
ANNEXE IV : POSITIONNEMENT DES UNITÉS SUR LES SUPPORTS

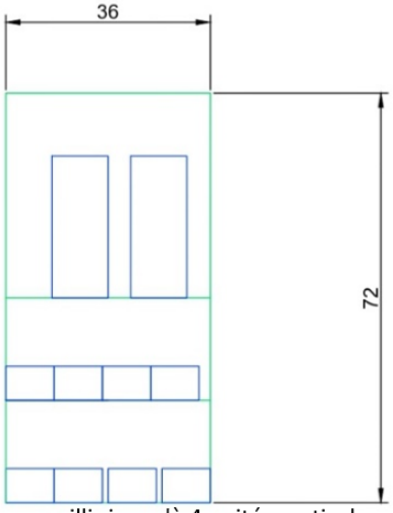


Palettier avec deux grandes unités disposées horizontalement sur palette US



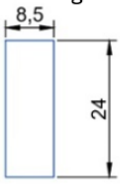
Palettier avec trois grandes unités disposées verticalement

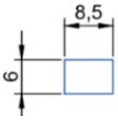




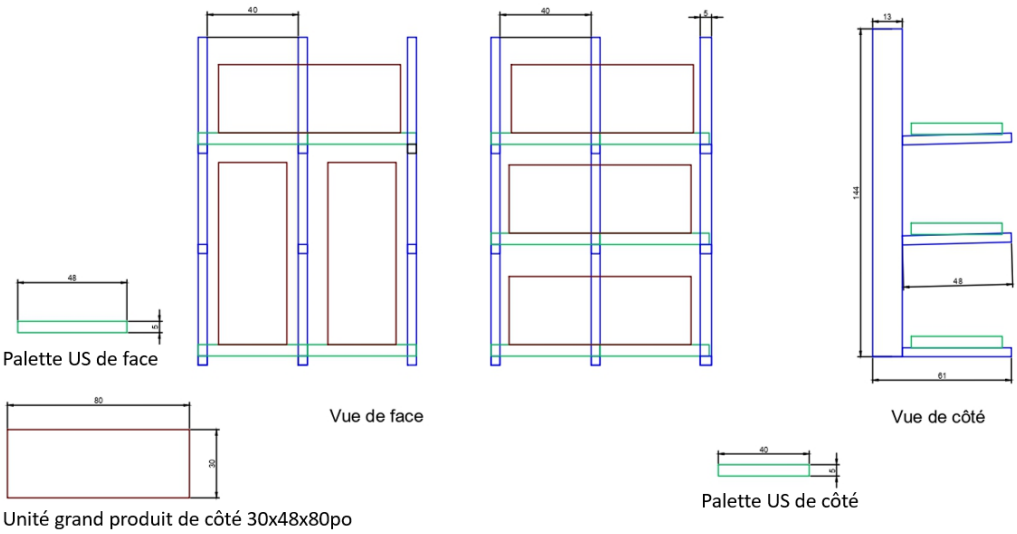
Etagère pouvant accueillir jusqu'à 4 unités verticalement dans un bac et la capacité d'aligner jusqu'à trois unités verticalement par tablette

Petite unité disposée verticalement

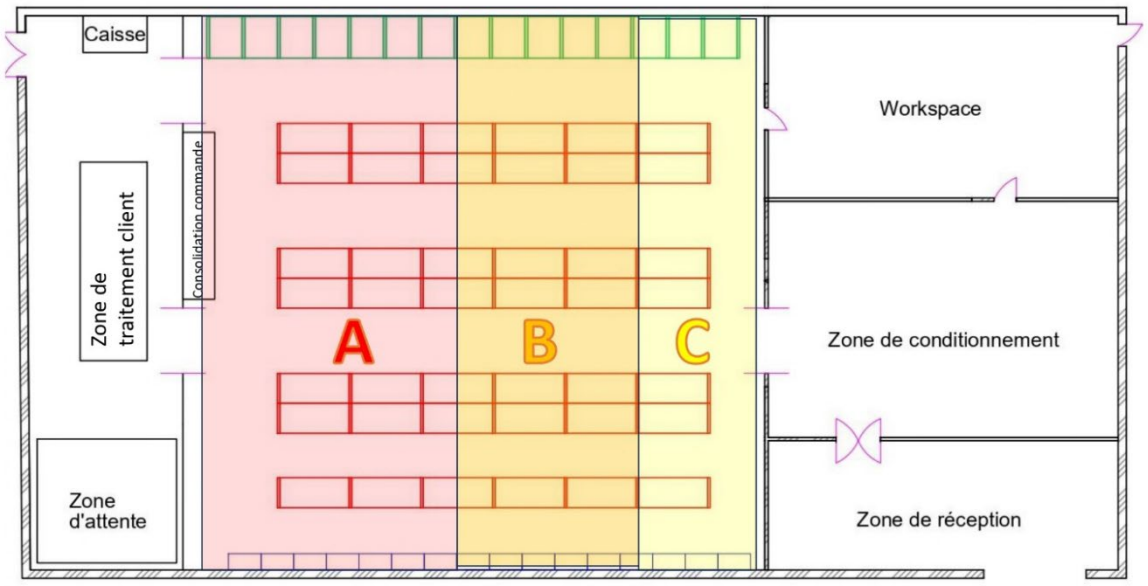




Petite unité disposée horizontalement


40
48
Palette US de face
Vue de face
40
5
13
144
48
61
Vue de côté
80
30
Unité grand produit de côté 30x48x80po
40
Palette US de côté

ANNEXE V : AMÉNAGEMENT UTILISANT LA LOI DE PARETO POUR LA RÉPARTITION DES PRODUITS



Desjardins
Québec