



CIRRELT

Centre interuniversitaire de recherche
sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport

Interuniversity Research Centre
on Enterprise Networks, Logistics and Transportation

Fiches techniques des systèmes d'entrepôts des charges palettisées

Moustapha Ahmed Bouh
Diane Riopel

Avril 2016

CIRRELT-2016-21

Bureaux de Montréal :
Université de Montréal
Pavillon André-Aisenstadt
C.P. 6128, succursale Centre-ville
Montréal (Québec)
Canada H3C 3J7
Téléphone : 514 343-7575
Télécopie : 514 343-7121

Bureaux de Québec :
Université Laval
Pavillon Palais-Prince
2325, de la Terrasse, bureau 2642
Québec (Québec)
Canada G1V 0A6
Téléphone : 418 656-2073
Télécopie : 418 656-2624

www.cirrelt.ca

Fiches techniques des systèmes d'entreposage des charges palettisées

Moustapha Ahmed Bouh*, Diane Riopel*

Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (CIRRELT) et Département de mathématique et de génie industriel, École Polytechnique de Montréal, C.P. 6079, Succursale Centre-ville, Montréal, Canada H3C 3A7

Résumé. Ce rapport technique propose des fiches techniques de différents systèmes d'entreposage des charges palettisées. La littérature spécialisée du domaine d'entreposage et de manutention a été exploitée pour les réaliser. Cette dernière est composée principalement de monographies, d'aide-mémoires, d'encyclopédie, de dictionnaires. Les systèmes d'entreposage sont des technologies d'entreposage avec des équipements de manutention. Les caractéristiques de chaque système d'entreposage des charges palettisées en fonction de dix-neuf critères de caractérisation sont décrites dans les fiches. Les critères de caractérisation sont de deux types : critères critiques en nombre de treize et critères de performance en nombre de six. Les critères critiques portent sur les aspects technologiques qui restreignent l'utilisation des technologies d'entreposage. Les autres critères permettent d'évaluer les performances des systèmes d'entreposage.

Mots-clés. Système d'entreposage, critères de caractérisation, fiche technique.

Remerciements. Ce projet de recherche a reçu un support financier du programme de subventions à la découverte du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG). Ce support est grandement apprécié.

Results and views expressed in this publication are the sole responsibility of the authors and do not necessarily reflect those of CIRRELT.

Les résultats et opinions contenus dans cette publication ne reflètent pas nécessairement la position du CIRRELT et n'engagent pas sa responsabilité.

* Auteurs correspondants: Moustapha.AhmedBouh@cirrelt.ca
Diane.Riopel@cirrelt.ca

1. Introduction

Pour concevoir l'implantation d'un entrepôt, l'ingénieur a besoin de connaître les caractéristiques des différentes technologies d'entreposage existantes pour choisir celle qui conviendrait le mieux. Certains concepteurs vont utiliser leurs propres expériences dans le domaine et d'autres vont essayer de se documenter. La documentation disponible sur l'entreposage et la manutention est abondante. L'inconvénient existant est que les informations transmises dans les livres, aide-mémoires ou autres répondent difficilement à la question de sélection. Ils décrivent les technologies et leurs fonctionnements. D'autres abordent le détail mécanique des structures, ainsi que la sécurité sur l'installation et l'exploitation. Les plus proches à la réponse de la question de sélection fournissent des tableaux comparatifs incomplets pour quelques technologies d'entreposage. Les ingénieurs ont besoin d'avoir une connaissance de la bibliographie du domaine et se prêter à un investissement en temps et énergie pour arriver à ces constats. D'autres concepteurs pourront se tourner directement vers les vendeurs d'équipements ou les consultants. Lorsque le client ne connaît pas ses besoins avant de contacter un vendeur, les conseils peuvent être biaisés par leur aspect commercial. D'autant plus que les catalogues de produits fournissent des informations incomplètes et vagues.

Ce rapport technique vise à compléter ce vide et faire le lien manquant pour les systèmes d'entreposage des charges palettisées. Il permet de faire connaître davantage les technologies existantes et leurs caractéristiques sur plusieurs niveaux. Il propose des fiches techniques des technologies d'entreposage utilisées. Elles sont réalisées en utilisant la connaissance de la littérature spécialisée du domaine.

- Les aide-mémoires (Anthony, 2008; Bagadia, 2008; Klein et al., 2008; Kulwiec, 2008a, 2008b; Manley et al., 2008; Muther et Webster, 2008; Nolan, 2008; Promisel, 2008; Tompkins et Smith, 1998; Tompkins et al., 2008) ;
- Les livres (Baker et The Chartered Institute of Logistics and Transport, 2010; Bartholdi et Hackman, 2014; Colloc, 1977; Langevin et Riopel, 2005; Mulcahy, 1999; Muther, 1973; Riopel, 2014, 2015; Roux, 2011; Roux et Liu, 2010; Rushton et al., 2014; Tompkins et al., 2010) ;
- L'encyclopédie de la manutention (Syndicat des industries de matériels de manutention, 1983a, 1983b) ;
- Les dictionnaires (Institute of Industrial Engineers, 2000; Riopel et Croteau, 2013) ;
- Les guides techniques (Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) et Association sectorielle transport entreposage (ASTE), 2009; Institut national de recherche et de sécurité (INRS) et Syndicat des industries de matériels de manutention, 2001) ;
- Le magazine Modern Materials Handling ;
- Les catalogues des constructeurs des technologies d'entreposage.

2. Technologies d'entreposage des charges palettisées

Les technologies d'entreposage des charges palettisées sont constituées principalement d'un équipement appelé « palettier ». C'est une structure ou un assemblage, entre autres, d'échelles et de lisses, destiné à recevoir des charges généralement palettisées (Riopel et Croteau, 2013). Quatorze technologies d'entreposage en plus de l'entreposage de masse qui n'utilise pas de palettier sont définies. L'entreposage de masse est le premier type. Il se fait

directement au sol en posant une première charge palettisée sur le plancher et les autres sur les autres en formant des blocs.

- Palettier à simple profondeur : palettier frontal qui permet l'entreposage d'une seule charge palettisée dans le sens de la profondeur de l'alvéole (Riopel et Croteau, 2013).
- Palettier à double profondeur : palettier frontal qui permet l'entreposage de deux charges palettisées dans le sens de la profondeur de l'alvéole (Riopel et Croteau, 2013).
- Palettier en allées étroites : palettier à simple profondeur avec des allées étroites qui nécessite l'utilisation de chariots élévateurs pour allées étroites (Rushton et al., 2014).
- Palettier à accumulation statique ouvert sur une face : palettier statique ouvert sur une face qui permet à un appareil de manutention de pénétrer dans sa structure pour y poser ou en retirer des charges palettisées qui reposent sur des lisses installées dans le sens de la profondeur des alvéoles (Riopel et Croteau, 2013).
- Palettier à accumulation statique ouvert sur deux faces : palettier statique ouvert sur deux faces qui permet à un appareil de manutention de poser et/ou en retirer des charges palettisées sur une face et à un autre appareil de manutention de poser et/ou en retirer des charges palettisées sur l'autre face qui reposent sur des lisses installées dans le sens de la profondeur des alvéoles (Rushton et al., 2014).
- Palettier mobile : palettier dynamique dont les rangées mobiles se déplacent pour créer une allée de service nécessaire aux opérations d'entreposage (Riopel et Croteau, 2013).
- Palettier à accumulation dynamique : palettier dynamique dans lequel le déplacement des charges palettisées se fait à l'intérieur de sa structure par gravité (Riopel et Croteau, 2013).
- Palettier à gravité inversée : palettier à gravité dont les charges palettisées sont posées et retirées à partir de l'une de ses faces (Riopel et Croteau, 2013).
- Palettier satellite ouvert sur une face : palettier statique ouvert sur une face qui permet, grâce à un robot navette posé au-dessous des lisses installées sur chaque niveau dans le sens de la profondeur des alvéoles, de faire un aller-retour en soulevant et déplaçant les charges palettisées sur la travée (Rushton et al., 2014).
- Palettier satellite ouvert sur deux faces : palettier statique ouvert sur deux faces qui permet, grâce à un robot navette posé au-dessous des lisses installées sur chaque niveau dans le sens de la profondeur des alvéoles, de faire un aller-retour en soulevant et déplaçant les charges palettisées sur la travée pour déposer sur une face et les retirer sur l'autre face (Rushton et al., 2014).
- Système d'entreposage automatisé à simple profondeur : palettier à simple profondeur avec un appareil de manutention automatique généralement muni d'un ou de deux rails qui peut se déplacer à l'horizontale et à la verticale afin d'entreposer des charges palettisées ou les extraire du palettier (Riopel et Croteau, 2013; Rushton et al., 2014).
- Système d'entreposage automatisé à double profondeur : palettier à double profondeur avec un appareil de manutention automatique généralement muni d'un ou de deux rails qui peut se déplacer à l'horizontale et à la verticale afin d'entreposer des charges palettisées ou les extraire du palettier (Riopel et Croteau, 2013; Rushton et al., 2014).
- Système d'entreposage automatisé à accumulation dynamique : palettier de grande hauteur et de grande profondeur dont le déplacement des charges palettisées se fait généralement par gravité et muni de deux appareils de manutention automatiques généralement munis d'un ou de deux rails qui peuvent se déplacer à l'horizontale et à la

verticale afin d'entreposer des charges palettisées sur une face du palettier et les extraire de l'autre face (Rushton et al., 2014).

- Système d'entreposage automatisé à accumulation statique : palettier de grande hauteur et de grande profondeur dont le déplacement des charges palettisées se fait généralement par robot navette et muni de deux appareils de manutention automatiques généralement munis d'un ou de deux rails qui peuvent se déplacer à l'horizontale et à la verticale afin d'entreposer des charges palettisées sur une face du palettier et les extraire de l'autre face (Rushton et al., 2014).

Ces technologies sont couplées à différents équipements de manutention.

- Chariot élévateur à fourche : chariot motorisé à conducteur porté, qui permet de manutentionner, de lever ou d'abaisser une charge. Il peut avoir trois ou quatre roues. Son appareil de préhension est une fourche. (Riopel et Croteau, 2013). Il est qualifié de standard pour désigner tous les types de chariots élévateurs conçus pour manœuvrer dans les allées de service régulières à la différence des allées étroites (*chariot élévateur à fourche à contrepoids, chariot élévateur à fourche à mât rétractable, chariot élévateur à fourche à prise frontale, chariot élévateur à fourche à prise latérale, chariot élévateur à fourche à prise bilatérale, chariot élévateur à prise latérale multidirectionnel, chariot à fourche entre longerons, chariot élévateur à flèche télescopique, chariot élévateur à châssis articulé, chariot élévateur à tablier porte-fourche rétractable, chariot élévateur à cabine rotative*).
- Chariot élévateur pour allées étroites : chariot élévateur qui est conçu pour être manœuvré dans un aménagement étroit, tout en favorisant un transfert facile de la marchandise en provenance ou en direction des quais de chargement ou de déchargement (Riopel et Croteau, 2013).
- Transtockeur : appareil de manutention généralement muni d'un ou de deux rails, qui peut se déplacer à l'horizontale et à la verticale afin d'entreposer des charges dans des palettiers. Il peut être semi-automatique ou entièrement automatique (Riopel et Croteau, 2013).

3. Critères de caractérisation

Pour faire la sélection d'une technologie d'entreposage, un ensemble de critères caractérisant les technologies doivent être analysés. Certains critères sont critiques et d'autres sont des critères de performance. Ils sont critiques parce qu'ils permettent de classer les technologies d'entreposage et d'avoir une présélection. Ils portent sur des aspects technologiques qui restreignent leur utilisation. L'utilisateur est obligé de spécifier les caractéristiques recherchées pour lesdits critères critiques. L'objectif des autres critères de performance est de les maximiser. Chaque critère est formulé sous forme de question. Un titre formé avec les mots clés de la question est associé à chaque critère. Ils sont regroupés en trois groupes : critères de la charge palettisée, critères de la technologie d'entreposage, critères de l'équipement de manutention.

Critères de la charge palettisée

Ce groupe de critères fait référence aux défauts de la charge palettisée à entreposer. Certains types de défauts empêchent l'utilisation de certaines technologies d'entreposage. Ce sont des critères critiques qui permettent de classer les technologies. Il n'y a pas de critère à

maximiser dans ce groupe. Devys (1985) est la source principale pour caractériser les charges palettisées.

- Défauts de construction de paletée acceptés (*quels sont les défauts de construction de paletée acceptés par la technologie d'entrepôt ?*).

Il existe deux types de défauts de construction de paletée.

- Cassure : « défaut de construction de la paletée attribuable à une faille qui la sépare verticalement, due au manque de croisement entre les colis. Elle est nuisible à la stabilité de la paletée et occasionne de nombreux problèmes au moment de la manutention, du transport ou de la dépalettisation. Elle peut être unique ou multiple » (Riopel et Croteau, 2013).
- Croisement médiocre : « défaut de construction de la paletée attribuable à des colis qui sont croisés insuffisamment. Le coefficient de frottement étant trop faible entre les colis pour empêcher le glissement, cela peut entraîner une dislocation de la paletée. Le cerclage horizontal peut être utilisé afin de résoudre un problème de croisement médiocre » (Riopel et Croteau, 2013).

Seulement le défaut de croisement médiocre est parfois accepté par les systèmes d'entrepôt.

- Défauts de forme de paletée acceptés (*quels sont les défauts de forme de paletée acceptés par la technologie d'entrepôt ?*).

Les plus importants défauts de forme sont de quatre types.

- Bosse : « défaut de forme de la paletée attribuable au fait que les colis ne forment pas une paletée au-dessus relativement plate, ne favorisant pas ainsi un gerbage sécuritaire. La bosse peut avoir l'avantage d'empêcher le gerbage d'une autre charge palettisée ; on utilise alors le terme bosse de dissuasion » (Riopel et Croteau, 2013).
- Escalier : « défaut de forme de la paletée attribuable à la formation d'un escalier, au coin de celle-ci, par des colis dont les arêtes verticales ne sont pas en prolongement l'une de l'autre. Il est source d'avaries, les colis en coin risquant de plier à l'endroit du porte-à-faux et la partie en surplomb étant exposée aux accrochages avec tout obstacle rencontré » (Riopel et Croteau, 2013).
- Gîte : « défaut de forme de la paletée attribuable à l'inclinaison de celle-ci sur l'un de ses bords. Une gîte fait obstacle à la mise en place des palettées côte à côte lors de l'entrepôt (chargement et déchargement) » (Riopel et Croteau, 2013).
- Tubérosité : « défaut de forme de la paletée attribuable au glissement de colis qui dépassent son pourtour à la façon d'un nodule. Elle soumet les colis débordants aux chocs contre tout obstacle rencontré. Le glissement peut éventuellement provoquer la dislocation totale de la paletée » (Riopel et Croteau, 2013).

Seulement le défaut de bosse est parfois accepté par les systèmes d'entrepôt.

- Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés (*quels sont les défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés par la technologie d'entrepôt ?*).

Les plus fréquents défauts d'occupation de la surface de la palette sont de quatre types.

- Caverne : « défaut d'occupation de la surface de la palette attribuable à un espace vide entre les colis qui donne sur une face latérale de la paletée, étant ainsi visible sur cette seule face » (Riopel et Croteau, 2013).
- Couloir : « défaut d'occupation de la surface de la palette attribuable à un espace entre deux rangées de colis qui traverse la paletée de part en part. Se trouvant en position alternée symétrique d'une couche à l'autre, le couloir ne forme pas une

cassure. Toutefois, il peut entraîner une dislocation de la paletée s'il est accompagné d'un croisement médiocre » (Riopel et Croteau, 2013).

- Cheminée : « défaut d'occupation de la surface de la palette attribuable à un espace fermé sur quatre côtés qui, à la différence de la poche, se reproduit avec les mêmes dimensions et positions à chaque couche, formant ainsi un espace vide plus ou moins rectangulaire qui traverse la paletée de bas en haut. Elle peut nuire à la stabilité de la paletée, si elle est assez vaste pour permettre à des colis d'y tomber. La cheminée peut cependant être considérée comme un avantage lorsqu'on veut rendre visibles les produits pour en contrôler la quantité » (Riopel et Croteau, 2013).
- Poche : « défaut d'occupation de la surface de la palette attribuable à un espace vide entre les colis qui l'enferment sur les six côtés et qui, à la différence de la cheminée, se reproduit à un endroit différent à chaque couche. La poche n'apparaît à l'extérieur de la paletée qu'à la couche supérieure, celle-ci est de la hauteur d'un colis » (Riopel et Croteau, 2013).

Les défauts d'occupation de la surface de la palette sont parfois acceptés avec une occupation au mieux de la surface à condition que la charge palettisée soit stable.

- Autres types de défauts de paletée acceptés (*quels sont les autres types de défauts de paletée acceptés par la technologie d'entrepôt ?*).

Il existe deux autres types de défauts qui peuvent être des avantages selon le cas.

- Débord de paletée : « partie de la paletée qui excède le plancher supérieur d'une palette. Le débord s'oppose au retrait » (Riopel et Croteau, 2013).
- Retrait de paletée : « espace du plancher supérieur d'une palette qui n'est pas occupé par la paletée » (Riopel et Croteau, 2013).

- Défauts d'emballage des colis acceptés (*quels sont les défauts d'emballage des colis acceptés par la technologie d'entrepôt ?*).

L'emballage peut être de faible résistance entraînant son affaissement. Il peut être aussi surdimensionné brisant les cannelures.

- État de palette accepté (*quel état de palette est accepté par la technologie d'entrepôt ?*).

La palette peut être en mauvais état caractérisé par exemple par de clous qui ressortent de la palette et endommageant les produits fragiles.

Critères de la technologie d'entrepôt

Certains critères de la technologie d'entrepôt sont des critères critiques et d'autres sont des critères de performance. Les critères critiques qui permettent de classer les technologies d'entrepôt sont : méthode de rotation des stocks utilisée, agression aux charges palettisées et hauteur de la travée, profondeur de la travée, nombre de références idéalement requis, nombre de charges palettisées par référence idéalement requise, et flux des charges palettisées idéalement requis. Les autres critères de ce groupe sont des critères de performance à maximiser lors de la sélection des technologies d'entrepôt.

- Méthode de rotation des stocks utilisée (*quelle méthode de rotation des stocks préconisez-vous ?*).

Les deux méthodes de rotation des stocks généralement utilisées sont : dernier entré premier sorti (DEPS) et premier entré premier sorti (PEPS). Il existe d'autres méthodes comme la méthode du premier expirant premier sorti.

- Agression aux charges palettisées (*quel type d'agression des charges palettisées existe-t-il dans la technologie d'entreposage ?*).

Les agressions aux charges palettisées possibles sont de deux types.

- Choc latéral : cette forme d'agression apparaît lorsque les charges palettisées se déplacent par la force gravitationnelle à l'intérieur de la technologie d'entreposage.
- Pression de dessus : cette agression apparaît lorsque les charges palettisées sont gerbées les unes sur les autres.

- Nombre de références idéalement requis (*combien de références sont idéalement requises pour un fonctionnement approprié de la technologie d'entreposage ?*).

Certaines technologies d'entreposage sont conçues pour un nombre de références de produits élevé comme le palettier à simple profondeur, alors que d'autres sont plus utiles pour un nombre de références de produits faible comme la palettisation en masse.

- Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis (*combien de charges palettisées par référence sont idéalement requises pour un fonctionnement approprié de cette technologie ?*).

Certaines technologies d'entreposage sont conçues pour un nombre de charges palettisées par référence de produit élevé comme la palettisation en masse, alors que d'autres sont plus utiles pour un nombre de charges palettisées par référence de produit faible comme le palettier à simple profondeur.

- Flux des charges palettisées idéalement requis (*pour quel niveau de flux de charges palettisées la technologie d'entreposage est idéalement adaptée ?*).

Certaines technologies d'entreposage sont conçues pour un flux de charges palettisées élevé comme le palettier à simple profondeur, alors que d'autres sont plus utiles pour un flux de charges palettisées moyen comme le palettier à double profondeur.

- Hauteur de la travée (*qu'est-ce qui limiterait la hauteur de la technologie d'entreposage ?*).

La hauteur de la travée peut être limitée par plusieurs facteurs :

- stabilité de la charge palettisée ;
- capacité des colis ;
- capacité de la palette ;
- hauteur maximale de gerbage du chariot élévateur utilisé ;
- hauteur disponible du bâtiment.

- Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées) (*quelle profondeur en nombre de charges palettisées peut-on atteindre avec la technologie ?*).

La profondeur de la travée est exprimée soit en chiffre exact comme pour le palettier à simple profondeur qui présente une travée d'une charge palettisée en profondeur, soit en une limite inférieure ou une limite supérieure avec les signes d'inégalités (\leq ou \geq), soit un intervalle.

- Accessibilité à chaque charge palettisée (*quel est le degré d'accessibilité à chaque charge palettisée ?*).

L'accessibilité à chaque charge palettisée est élevée avec certaines technologies d'entreposage comme le palettier à simple profondeur ou très faible comme pour l'entreposage de masse.

- Utilisation de l'espace (*quel est la densité ou le degré d'utilisation de l'espace disponible dans l'entrepôt par la technologie d'entrepôt ?*).
Ce critère indique le degré d'utilisation de l'espace dédié à l'entrepôt. La présence des allées de service impacte sur ce degré. Plus il y a des allées de service plus le degré d'utilisation de l'espace est faible, et moins il y a d'allées de service plus le degré d'utilisation de l'espace est élevé.
- Flexibilité (*quel est le degré de flexibilité de la technologie d'entrepôt face aux changements d'implantation ?*).
Certaines technologies d'entrepôt sont plus flexibles aux changements et à la reconfiguration que d'autres. Plus la technologie est complexe plus la flexibilité est faible comme c'est le cas des systèmes d'entrepôt automatisé.
- Coefficient d'occupation des alvéoles (*quel est le degré d'occupation des alvéoles d'entrepôt offert par la technologie d'entrepôt ?*).
Le coefficient d'occupation des alvéoles n'est pas pareil dans toutes les technologies d'entrepôt. Certaines technologies telles que le palettier à simple profondeur permettent une occupation des alvéoles très élevée parce que chaque alvéole est accessible. L'occupation baisse lorsque chaque alvéole n'est pas accessible, c'est le cas par exemple du palettier à accumulation statique.
- Coût d'installation (*quel est le coût engagé pour l'installation de la technologie ?*).
Le coût d'installation est fonction de la complexité de la technologie d'entrepôt. Plus la technologie est sophistiquée plus le coût d'installation est élevé, c'est le cas par exemple du système d'entrepôt automatisé à accumulation dynamique. Le coût d'installation est nul pour l'entrepôt de masse puisqu'aucune technologie n'est utilisée.

Critères de l'équipement de manutention

- Vitesse d'opération (*quelle est la vitesse d'opération lors de placement et de retrait des charges palettisées dans la technologie d'entrepôt ?*).
La vitesse d'opération fait référence à la vitesse des opérations de placement et de retrait des charges palettisées dans les technologies d'entrepôt. Ces opérations incluent différentes vitesses :
 - vitesse de déplacement de la structure de la technologie d'entrepôt telle que c'est le cas du palettier mobile ;
 - vitesse de circulation dans l'allée de service ;
 - vitesse de prise et de dépôt des charges dans les alvéoles ;
 - vitesse de déplacement des charges à l'intérieur des technologies d'entrepôt telles que c'est le cas du palettier à accumulation dynamique ou palettier satellite.

L'entrepôt de masse ainsi que les technologies d'entrepôt nécessitent une surface du sol qui soit lisse et plate. Le poids supporté par la technologie sera limité par le poids supporté par le sol. Un renforcement du plancher sera à prévoir si nécessaire. Le poids et les dimensions de la charge palettisée doivent respecter la charge maximale admissible ainsi que les dimensions de chaque alvéole. La charge nominale du palettier doit être bien affichée. Le moindre changement sur la structure doit être recalculé et validé par les compétences appropriées (fabricant ou ingénieur) (Colloc, 1977; Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) et Association sectorielle transport entrepôt (ASTE), 2009; Devys,

1985; Institut national de recherche et de sécurité (INRS) et Syndicat des industries de matériels de manutention, 2001; Syndicat des industries de matériels de manutention, 1983b).

Caractéristiques liées à l'environnement :

Les palettiers avec transtockeurs sont conçus généralement avec la bâtisse du bâtiment (Colloc, 1977; Rushton et al., 2014). Toutes les contraintes sur le dimensionnement et la capacité de ces structures doivent être prises en compte dès le départ. Les autres technologies avec chariot élévateur standard ou pour allées étroites peuvent être conçues et adaptées à des structures de bâtiment existantes (Rushton et al., 2014).

Les technologies avec transtockeurs sont généralement appropriées pour les terrains à prix de location ou de vente élevé (Rushton et al., 2014).

4. Fiches techniques des systèmes d'entreposage des charges palettisées

Les professionnels du domaine d'entreposage et de la manutention, auteurs des différents livres, aide-mémoires et encyclopédie, utilisent différents types d'expression pour caractériser les technologies d'entreposage. Certaines sources telles que Rushton et al. (2014) ou Tompkins et Smith (1998) utilisent soit des grilles de notation (1 à 5 ou 1 à 10), soit des pourcentages. D'autres sources telles que Tompkins et al. (2010) ou Roux (2011) utilisent le langage flou exprimé sous forme de qualificatifs (très faible, faible, moyen, élevé, très élevé, haut, bas, etc.). Généralement, les sources utilisent les trois types de caractérisation en même temps, c'est le cas par exemple de (Rushton et al., 2014) et (Kulwiec, 2008b). Il a été possible d'harmoniser les données pour établir les fiches techniques.

La méthode de caractérisation ainsi utilisée pour les critères de performance est le langage flou à part un critère et ceux de la charge palettisée. Le critère « profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées) » est soit un chiffre exact, soit une limite inférieure ou supérieure, soit un intervalle. Le critère « nombre de charges palettisées par référence idéalement requis » est parfois en chiffre exact, c'est le cas des technologies à double profondeur. Certaines données ne sont pas exactement associées à la lettre à des sources, c'est lorsqu'il est écrit en bas « adaptation de la source couplée ». Elles sont adaptées à partir des informations fournies par la(es) source(s) qui sont proches à l'information recherchée.

Présentation de la fiche technique de système d'entrepôt des charges palettisées

Numéro du système d'entrepôt

Nom du système d'entrepôt

Système d'entrepôt 1 : XXX

Nom de la technologie d'entrepôt

Nom de l'équipement de manutention

Titre du groupe des critères de caractérisation

Critères de caractérisation

YYY avec ZZZ**Critères de la charge palettisée**

Défauts de construction de paletée acceptés	Croisement médiocre ¹	Caractéristiques du système
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹	
Défauts d'occupation de la surface de la paletée acceptés	Occupation au mieux ¹	
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ; faible débord ¹	
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹	
État de paletée accepté	Bon ¹	

Critères de la technologie d'entrepôt

Méthode de rotation des stocks	PEPS ²	Indices des sources. Selon le bas de la page, le 3 indique que c'est une adaptation d'une source couplée. La source couplée est le 4 (CCST et ASTE, 2009).
Agression des charges palettisées	Aucune ²	
Nombre de références idéalement requis	Élevé ²	
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requise	Faible ²	
Flux des charges palettisées idéalement requis	Élevé ^{3,4}	
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur maximale de gerbage du chariot élévateur utilisé ; limitée par la hauteur disponible du bâtiment ¹	
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	1 ²	
Accessibilité à chaque paletée	Excellente ^{2,5}	
Utilisation d'espace	Moyenne ²	
Flexibilité aux changements	Élevée ²	
Coefficient d'occupation des alvéoles	Très élevé ²	
Coût d'installation	Moyen ²	

Critères de l'équipement de manutention

Vitesse d'opération	Très élevée ²
---------------------	--------------------------

Sources des données

¹ (Devys, 1985)² (Rushton et al., 2014)³ Adaptation de la source couplée⁴ (Commission de la santé et de la sécurité du travail (CCST) et Association sectorielle transport entrepôt (ASTE), 2009)⁵ (Tompkins et al., 2010)

Système d'entrepôt 1 : Entrepôt de masse avec chariot élévateur standard

Entrepôt de masse avec chariot élévateur standard	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de palettée acceptés	Croisement médiocre ¹
Défauts de forme de palettée acceptés	Aucun ^{1, 2}
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Occupation au mieux ¹
Autres types de défauts de palettée acceptés	Débord ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ^{1, 2}
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entrepôt	
Méthode de rotation des stocks	DEPS ²
Agression des charges palettisées	Choc de dessus ; pression de dessus ^{1, 2}
Nombre de références idéalement requis	Faible ²
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	Élevé ^{2, 3}
Flux des charges palettisées idéalement requis	Élevé ^{2, 3}
Hauteur de la travée	Limitée par la stabilité de la charge palettisée ; limitée par la capacité des colis ; limitée par la capacité de la palette ^{1, 2, 3}
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	$\leq 10^3$
Accessibilité à chaque palette	Très faible ²
Utilisation d'espace	Moyenne ²
Flexibilité aux changements	Très élevée ^{2, 3}
Coefficient d'occupation des alvéoles	Moyen ²
Coût d'installation	Nul ²
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Élevée ²

¹ (Devys, 1985)² (Rushton et al., 2014)³ (Tompkins et al., 2010)

Système d'entrepôt 2 : Palettier à simple profondeur avec chariot élévateur standard

Palettier à simple profondeur avec chariot élévateur standard	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de paletée acceptés	Croisement médiocre ¹
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Occupation au mieux ¹
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ; faible débord ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entrepôt	
Méthode de rotation des stocks	PEPS ^{2,3}
Agression des charges palettisées	Aucune ³
Nombre de références idéalement requis	Élevé ³
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	Faible ³
Flux des charges palettisées idéalement requis	Élevé ²
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur maximale de gerbage du chariot élévateur utilisé ; limitée par la hauteur disponible du bâtiment ¹
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	1 ^{3,4}
Accessibilité à chaque palette	Excellente ^{2,4}
Utilisation d'espace	Faible ³
Flexibilité aux changements	Élevée ³
Coefficient d'occupation des alvéoles	Très élevé ³
Coût d'installation	Faible ^{2,3}
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Élevée ³

¹ (Devys, 1985)² (Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) et Association sectorielle transport entrepôt (ASTE), 2009)³ (Rushton et al., 2014)⁴ (Tompkins et al., 2010)

Système d'entreposage 3 : Palettier à double profondeur avec chariot élévateur standard

Palettier à double profondeur avec chariot élévateur standard	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de paletée acceptés	Croisement médiocre ¹
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Occupation au mieux ¹
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ; faible débord ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entreposage	
Méthode de rotation des stocks	DEPS ^{2,3}
Agression des charges palettisées	Aucune ³
Nombre de références idéalement requis	Élevé ³
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	4 à 5 ³ , ≥ 6 ⁴
Flux des charges palettisées idéalement requis	Moyen ²
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur maximale de gerbage du chariot élévateur utilisé ; limitée par la hauteur disponible du bâtiment ¹
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	2 ^{3,4}
Accessibilité à chaque palette	Moyenne ^{3,2}
Utilisation d'espace	Moyenne ³
Flexibilité aux changements	Élevée ³
Coefficient d'occupation des alvéoles	Élevé ³
Coût d'installation	Faible ^{2,3}
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Moyenne ³

¹ (Devys, 1985)² (Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) et Association sectorielle transport entreposage (ASTE), 2009)³ (Rushton et al., 2014)⁴ (Tompkins et al., 2010)

Système d'entrepôt 4 : Palettier à simple profondeur avec chariot élévateur pour allées étroites

Palettier à simple profondeur avec chariot élévateur pour allées étroites	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de paletée acceptés	Croisement médiocre ¹
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Occupation au mieux ¹
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ; faible débord ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entrepôt	
Méthode de rotation des stocks	PEPS ²
Agression des charges palettisées	Aucune ²
Nombre de références idéalement requis	Élevé ²
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	Faible ²
Flux des charges palettisées idéalement requis	Élevé ^{3,4}
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur maximale de gerbage du chariot élévateur utilisé ; limitée par la hauteur disponible du bâtiment ¹
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	1 ²
Accessibilité à chaque palette	Excellente ^{2, 5}
Utilisation d'espace	Moyenne ²
Flexibilité aux changements	Élevée ²
Coefficient d'occupation des alvéoles	Très élevé ²
Coût d'installation	Moyen ²
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Très élevée ²

¹ (Devys, 1985)

² (Rushton et al., 2014)

³ Adaptation de la source couplée

⁴ (Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) et Association sectorielle transport entreposage (ASTE), 2009)

⁵ (Tompkins et al., 2010)

Système d'entrepôt 5 : Palettier à accumulation statique ouvert sur une face avec chariot élévateur standard

Palettier à accumulation statique ouvert sur une face avec chariot élévateur standard	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de paletée acceptés	Croisement médiocre ¹
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Occupation au mieux ¹
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ; faible débord ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entrepôt	
Méthode de rotation des stocks	DEPS ^{2,3}
Agression des charges palettisées	Aucune ³
Nombre de références idéalement requis	Moyen ^{1,4}
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	Élevé ^{3,4}
Flux des charges palettisées idéalement requis	Moyen ^{2,4}
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur maximale de gerbage du chariot élévateur utilisé ; limitée par la hauteur disponible du bâtiment ^{1,4}
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	$\geq 6^{3,4}$, 5 à 10 ⁵
Accessibilité à chaque palette	Très faible ^{3,2}
Utilisation d'espace	Élevée ^{1,2,4}
Flexibilité aux changements	Élevé ^{3,4}
Coefficient d'occupation des alvéoles	Moyen ³
Coût d'installation	Moyen ^{2,3}
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Moyenne ³

¹ (Devys, 1985)

² (Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) et Association sectorielle transport entreposage (ASTE), 2009)

³ (Rushton et al., 2014)

⁴ (Syndicat des industries de matériels de manutention, 1983b)

⁵ (Tompkins et al., 2010)

Systeme d'entrepotage 6 : Palettier à accumulation statique ouvert sur deux faces avec chariot élévateur standard

Palettier à accumulation statique ouvert sur deux faces avec chariot élévateur standard	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de paletée acceptés	Croisement médiocre ¹
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Occupation au mieux ¹
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entrepotage	
Méthode de rotation des stocks	PEPS ^{2,3}
Agression des charges palettisées	Aucune ³
Nombre de références idéalement requis	Faible ⁴
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	Élevé ^{3, 4}
Flux des charges palettisées idéalement requis	Moyen ²
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur maximale de gerbage du chariot élévateur utilisé ; limitée par la hauteur disponible du bâtiment ^{1, 4}
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	$\geq 6^3$
Accessibilité à chaque palette	Très faible ^{2, 3}
Utilisation d'espace	Élevée ^{2, 4}
Flexibilité aux changements	Élevée ³
Coefficient d'occupation des alvéoles	Très élevé ³
Coût d'installation	Élevé ^{2, 3}
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Élevée ³

¹ (Devys, 1985)

² (Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) et Association sectorielle transport entreposage (ASTE), 2009)

³ (Rushton et al., 2014)

⁴ (Syndicat des industries de matériels de manutention, 1983b)

Système d'entrepôt 7 : Palettier à accumulation dynamique avec chariot élévateur standard

Palettier à accumulation dynamique avec chariot élévateur standard	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de paletée acceptés	Aucun ¹
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Aucun ¹
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entrepôt	
Méthode de rotation des stocks	PEPS ^{2, 3, 4}
Agression des charges palettisées	Choc latéral ; pression latérale ³
Nombre de références idéalement requis	Moyen ⁴
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	Élevé ^{3, 4}
Flux des charges palettisées idéalement requis	Élevé ^{2, 3, 4, 5}
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur maximale de gerbage du chariot élévateur utilisé ; limitée par la hauteur disponible du bâtiment ^{1, 3}
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	$\geq 5^4$
Accessibilité à chaque palette	Très faible ^{2, 3}
Utilisation d'espace	Élevée ^{2, 3, 5}
Flexibilité aux changements	Moyenne ³
Coefficient d'occupation des alvéoles	Élevé ⁴
Coût d'installation	Élevé ^{2, 3}
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Très élevée ³

¹ (Devys, 1985)

² (Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) et Association sectorielle transport entreposage (ASTE), 2009)

³ (Rushton et al., 2014)

⁴ (Roux, 2011)

⁵ (Tompkins et al., 2010)

Système d'entrepôt 8 : Palettier à gravité inversée avec chariot élévateur standard

Palettier à gravité inversée avec chariot élévateur standard	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de paletée acceptés	Aucun ¹
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Aucun ¹
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entrepôt	
Méthode de rotation des stocks	DEPS ^{2, 3, 4, 5}
Agression des charges palettisées	Choc latéral ; pression latérale ^{6, 3}
Nombre de références idéalement requis	Élevé ^{6, 3}
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	Faible ³
Flux des charges palettisées idéalement requis	Moyen ^{2, 4}
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur maximale de gerbage du chariot élévateur utilisé ; limitée par la hauteur disponible du bâtiment ^{6, 1, 3}
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	3 à 6 ^{3, 4}
Accessibilité à chaque palette	Moyenne ^{2, 3}
Utilisation d'espace	Moyenne ^{2, 3}
Flexibilité aux changements	Moyenne ⁴
Coefficient d'occupation des alvéoles	Moyen ⁴
Coût d'installation	Élevé ^{2, 3, 4}
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Très élevée ³

¹ Adaptation de (Devys, 1985)² (Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) et Association sectorielle transport entreposage (ASTE), 2009)³ (Rushton et al., 2014)⁴ (Tompkins et Smith, 1998)⁵ (Tompkins et al., 2010)⁶ Adaptation de la source couplée

Système d'entrepôt 9 : Palettier satellite ouvert sur une face avec chariot élévateur standard

Palettier satellite ouvert sur une face avec chariot élévateur standard	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de paletée acceptés	Croisement médiocre ¹
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Occupation au mieux ¹
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entrepôt	
Méthode de rotation des stocks	DEPS ²
Agression des charges palettisées	Aucune ²
Nombre de références idéalement requis	Moyen ^{3, 2}
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	Moyen ²
Flux des charges palettisées idéalement requis	Moyen ^{3, 2}
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur maximale de gerbage du chariot élévateur utilisé ; limitée par la hauteur disponible du bâtiment ²
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	$\geq 10^2$
Accessibilité à chaque palette	Très faible ²
Utilisation d'espace	Moyenne ²
Flexibilité aux changements	Élevée ²
Coefficient d'occupation des alvéoles	Très élevé ²
Coût d'installation	Élevé ²
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Moyenne ²

¹ Adaptation de (Devys, 1985)² (Rushton et al., 2014)³ Adaptation de la source couplée

Système d'entrepôt 10 : Palettier satellite ouvert sur deux faces avec chariot élévateur standard

Palettier satellite ouvert sur deux faces avec chariot élévateur standard	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de paletée acceptés	Croisement médiocre ¹
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Occupation au mieux ¹
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entrepôt	
Méthode de rotation des stocks	PEPS ²
Agression des charges palettisées	Aucune ²
Nombre de références idéalement requis	Moyen ^{3, 2}
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	Moyen ²
Flux des charges palettisées idéalement requis	Élevé ^{3, 2}
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur maximale de gerbage du chariot élévateur utilisé ; limitée par la hauteur disponible du bâtiment ^{3, 1, 2}
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	$\geq 10^2$
Accessibilité à chaque palette	Très faible ²
Utilisation d'espace	Moyenne ^{3, 2}
Flexibilité aux changements	Élevée ²
Coefficient d'occupation des alvéoles	Très élevé ²
Coût d'installation	Élevé ²
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Moyenne ²

¹ Adaptation de (Devys, 1985)² (Rushton et al., 2014)³ Adaptation de la (es) source(s) couplée(s)

Système d'entrepôt 11 : Palettier mobile avec chariot élévateur standard

Palettier mobile avec chariot élévateur standard	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de paletée acceptés	Croisement médiocre ¹
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Occupation au mieux ¹
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ; faible débord ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entrepôt	
Méthode de rotation des stocks	PEPS ²
Agression des charges palettisées	Aucune ³
Nombre de références idéalement requis	Élevé ³
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	1 à 2 ³
Flux des charges palettisées idéalement requis	Faible ^{2, 3, 4, 5}
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur maximale de gerbage du chariot élévateur utilisé ; limitée par la hauteur disponible du bâtiment ³
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	1 ^{3, 5}
Accessibilité à chaque palette	Excellente ^{2, 3}
Utilisation d'espace	Élevée ^{2, 3}
Flexibilité aux changements	Moyenne ^{3, 4}
Coefficient d'occupation des alvéoles	Très élevé ³
Coût d'installation	Très élevé ^{2, 3, 4}
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Faible ^{3, 4}

¹ Adaptation de (Devys, 1985)² (Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) et Association sectorielle transport entreposage (ASTE), 2009)³ (Rushton et al., 2014)⁴ (Roux, 2011)⁵ (Tompkins et al., 2010)

Système d'entrepôt 12 : Système d'entrepôt automatisé simple profondeur

Système d'entrepôt automatisé simple profondeur	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de paletée acceptés	Croisement médiocre ¹
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Occupation au mieux ¹
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ; faible débord ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entrepôt	
Méthode de rotation des stocks	PEPS ²
Agression des charges palettisées	Aucune ²
Nombre de références idéalement requis	Très élevé ²
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	Faible ²
Flux des charges palettisées idéalement requis	Très élevé ²
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur disponible du bâtiment ²
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	1 ^{2,3}
Accessibilité à chaque palette	Excellente ²
Utilisation d'espace	48 % ²
Flexibilité aux changements	Très faible ^{2,4}
Coefficient d'occupation des alvéoles	Très élevé ²
Coût d'installation	Moyen ²
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Très élevée ²

¹ Adaptation de (Devys, 1985)² (Rushton et al., 2014)³ (Tompkins et al., 2010)⁴ (Tompkins et Smith, 1998)

Système d'entrepôt 13 : Système d'entrepôt automatisé double profondeur

Système d'entrepôt automatisé double profondeur	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de paletée acceptés	Croisement médiocre ¹
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Occupation au mieux ¹
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ; faible débord ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entrepôt	
Méthode de rotation des stocks	DEPS ²
Agression des charges palettisées	Aucune ²
Nombre de références idéalement requis	Très élevé
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	4 à 5 ²
Flux des charges palettisées idéalement requis	Très élevé ²
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur disponible du bâtiment ²
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	2 ²
Accessibilité à chaque palette	Moyenne ²
Utilisation d'espace	Moyenne ²
Flexibilité aux changements	Très faible ^{2,3}
Coefficient d'occupation des alvéoles	Élevé ^{3,2}
Coût d'installation	Moyen ²
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Très élevée ²

¹ Adaptation de (Devys, 1985)² (Rushton et al., 2014)³ (Tompkins et Smith, 1998)

Système d'entrepôt 14 : Système d'entrepôt automatisé à accumulation dynamique

Système d'entrepôt automatisé à accumulation dynamique	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de paletée acceptés	Aucun ¹
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Aucun ¹
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entrepôt	
Méthode de rotation des stocks	PEPS ^{2, 3}
Agression des charges palettisées	Choc latéral ; pression latérale ²
Nombre de références idéalement requis	Moyen ^{2, 3}
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	Élevé ²
Flux des charges palettisées idéalement requis	Très élevé ²
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur disponible du bâtiment ²
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	$\geq 10^2$
Accessibilité à chaque palette	Très faible ²
Utilisation d'espace	Très élevée ²
Flexibilité aux changements	Très faible ³
Coefficient d'occupation des alvéoles	Très élevé ³
Coût d'installation	Moyen ²
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Moyenne ²

¹ (Devys, 1985)² (Rushton et al., 2014)³ (Tompkins et Smith, 1998)

Système d'entrepôt 15 : Système d'entrepôt automatisé à accumulation statique

Système d'entrepôt automatisé à accumulation statique	
Critères de la charge palettisée	
Défauts de construction de paletée acceptés	Croisement médiocre ¹
Défauts de forme de paletée acceptés	Bosse ¹
Défauts d'occupation de la surface de la palette acceptés	Occupation au mieux ¹
Autres types de défauts de paletée acceptés	Retrait ; faible débord ¹
Défauts d'emballage des colis acceptés	Aucun ¹
État de palette accepté	Bon ¹
Critères de la technologie d'entrepôt	
Méthode de rotation des stocks	PEPS ^{2, 3}
Agression des charges palettisées	Aucune ^{2, 3}
Nombre de références idéalement requis	Moyen ^{2, 3}
Nombre de charges palettisées par référence idéalement requis	Élevé ²
Flux des charges palettisées idéalement requis	Très élevé ²
Hauteur de la travée	Limitée par la hauteur disponible du bâtiment ²
Profondeur de la travée (en nombre de charges palettisées)	$\geq 10^2$
Accessibilité à chaque palette	Très faible ²
Utilisation d'espace	Très élevée ²
Flexibilité aux changements	Très faible ³
Coefficient d'occupation des alvéoles	Très élevé ³
Coût d'installation	Moyen ²
Critères de l'équipement de manutention	
Vitesse d'opération	Moyenne ²

¹ Adaptation de (Devys, 1985)² (Rushton et al., 2014)³ (Tompkins et Smith, 1998)

5. Conclusion

Les technologies d'entreposage des charges palettisées sont utilisables selon les spécifications et les contraintes de chaque demande. Les industriels proposent différentes dimensions et des structures configurables selon les besoins. Chaque système d'entreposage est conçu pour une charge connue. La reconfiguration du système doit être approuvée par le fabricant ou un ingénieur (Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) et Association sectorielle transport entreposage (ASTE), 2009). Toutes les technologies d'entreposage ne sont pas adaptées à toutes les charges palettisées. Une analyse des défauts de la charge palettisée est nécessaire. Toutes les technologies ne fonctionnent pas avec les mêmes méthodes de rotation des stocks et n'ont pas les mêmes caractéristiques selon les critères de performance. Les fiches techniques des systèmes d'entreposage des charges palettisées dressent les portraits presque complets des différentes technologies d'entreposage pour les charges palettisées associés à des types d'équipement de manutention. Elles ont été réalisées à partir de la littérature existante dans le domaine d'entreposage et de manutention. Les catalogues des industriels fabricants et/ou vendeurs ne proposent des présentations aussi complètes. Ce rapport technique propose presque toutes les données nécessaires pour pouvoir faire la sélection d'une technologie d'entreposage ou d'un système d'entreposage. Il forme la base de données des systèmes de sélection. Les données sont sujettes à des mises à jour régulières pour inclure les développements technologiques.

6. Références

- Anthony, S. (2008). Packaging and materials handling. Dans R. A. Kulwiec (Édit.), *Materials Handling Handbook* (p. 717-728). doi: 10.1002/9780470172490.ch15
- Bagadia, K. (2008). Definitions and classifications. Dans R. A. Kulwiec (Édit.), *Materials Handling Handbook* (p. 101-116). doi: 10.1002/9780470172490.ch4
- Baker, P., et The Chartered Institute of Logistics and Transport. (2010). *The Principles of Warehouse Design* (3^e éd.). United Kingdom: Institute of Logistics & Transport.
- Bartholdi, J. J., et Hackman, S. T. (2014). *Warehouse & Distribution Science: Release 0.96: The Supply Chain and Logistics Institute*.
- Colloc, J. C. (1977). *Étude de l'entrepôt de stockage*: Commerciale Européenne d'Éditions et de Promotion.
- Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST), et Association sectorielle transport entreposage (ASTE). (2009). *La sécurité des palettiers: Fabrication, achat, installation et utilisation*. Québec: CSST.
- Devys, P. (1985). *La Palettisation tome 1: les bases de la palettisation: Technique et documentation*.
- Institut national de recherche et de sécurité (INRS), et Syndicat des industries de matériels de manutention. (2001). *Les rayonnages métalliques* (2^e éd., p. 33). Paris: Institut national de recherche et de sécurité (INRS).
- Institute of Industrial Engineers. (2000). *Industrial engineering terminology: a revision of ANSI Z94.0-1989 : an American national standard, approved 1998*: Industrial Engineering and Management Press.
- Klein, H. H., Fowler, W. S., Devaney, W., Footlik, R. B., et Strombeck, T. (2008). Basic storage equipment and methods. Dans R. A. Kulwiec (Édit.), *Materials Handling Handbook* (p. 533-588). doi: 10.1002/9780470172490.ch11

- Kulwiec, R. A. (2008a). Basic materials handling concepts. Dans R. A. Kulwiec (Édit.), *Materials Handling Handbook* (p. 1-18). doi: 10.1002/9780470172490.ch1
- Kulwiec, R. A. (Édit.). (2008b). *Materials handling handbook* (2^e éd.). New York: John Wiley & Sons.
- Langevin, A., et Riopel, D. (2005). *Logistics systems : design and optimization*. New York: Springer.
- Manley, C. E., Fowlston, D. L., Nagy, A. J., Sanford, B. W., Midgley, W. R., Weiss, D. J., et Castaldi, J. (2008). Storage systems. Dans R. A. Kulwiec (Édit.), *Materials Handling Handbook* (p. 589-652). doi: 10.1002/9780470172490.ch12
- Mulcahy, D. E. (1999). *Materials handling handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Muther, R. (1973). *Systematic layout planning*. Boston, MA: Cahners books.
- Muther, R., et Webster, D. B. (2008). Plant layout and materials handling. Dans R. A. Kulwiec (Édit.), *Materials Handling Handbook* (p. 19-77). doi: 10.1002/9780470172490.ch2
- Nolan, J. (2008). Introduction. Dans R. A. Kulwiec (Édit.), *Materials Handling Handbook* (p. 865-879). doi: 10.1002/9780470172490.ch19
- Promisel, R. (2008). Unit load concepts. Dans R. A. Kulwiec (Édit.), *Materials Handling Handbook* (p. 117-163). doi: 10.1002/9780470172490.ch5
- Riopel, D. (2014). *Distribution physique de biens: notes de cours IND6224A*. Montréal: Presses Internationales Polytechnique.
- Riopel, D. (2015). *Implantation et manutention: notes de cours IND6209*. Montréal: Presses Internationales Polytechnique.
- Riopel, D., et Croteau, C. (2013). *Dictionnaire illustré des activités de l'entreprise : industrie, techniques et gestion : français-anglais* (Édition mise à jour^e éd.). Montréal: Presses internationales Polytechnique.
- Roux, M. (2011). *Entrepôts et magasins: Tout ce qu'il faut savoir pour concevoir une unité de stockage* (5^e éd.). Paris: Éditions d'Organisation.
- Roux, M., et Liu, T. (2010). *Optimisez votre plate-forme logistique* (4^e éd.). Paris: Éditions d'Organisation.
- Rushton, A., Croucher, P., et Baker, P. (2014). *The Handbook of Logistics and Distribution Management: Understanding the Supply Chain* (5^e éd.). London, UK: Kogan Page.
- Syndicat des industries de matériels de manutention. (1983a). Logistique. Dans *Encyclopédie de la manutention*. Paris: AFNOR.
- Syndicat des industries de matériels de manutention. (1983b). Stockage et distribution physique des marchandises. Dans *Encyclopédie de la manutention*. Paris: AFNOR.
- Tompkins, J. A., et Smith, J. D. (1998). *The warehouse management handbook*: Tompkins press.
- Tompkins, J. A., Smith, J. D., Huffman, J. R., et Ackerman, K. B. (2008). Warehousing. Dans R. A. Kulwiec (Édit.), *Materials Handling Handbook* (p. 653-708). doi: 10.1002/9780470172490.ch13
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., et Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities planning* (4^e éd.). Hoboken: John Wiley & Sons.