

Sélection d'un Prestataire Logistique Durable: Un modèle basé sur QFD-Fuzzy AHP & Plan orthogonal de Taguchi

LHOUSSAINE AMEKNASSI^{1,2}, DAOUD AIT-KADI¹, AICHA AGUEZZOUL², NIDHAL REZG²

¹ CIRRELT, Département de Génie Mécanique, Université Laval
1065, avenue de la Médecine, Québec (QC), G1V 0A6, Canada
lhousseaine.ameknassi.1@ulaval.ca
daoud.aitkadi@gmc.ulaval.ca

² LGIPM, Université Lorraine, UFR MIM
Ile du Saulcy- CS 50128, F-57045, Metz, Cedex 01, France
aicha.aguezzoul@univ-lorraine.fr
nidhal.rezg@univ-lorraine.fr

Résumé - Cet article souligne des lacunes importantes dans les travaux récents concernant le problème de sélection des prestataires logistiques 3PL. Il suggère une approche de sélection pertinente, consistante, et robuste, et ce dans un contexte de chaînes logistiques durables. L'approche considère les activités logistiques à externaliser comme un processus, qui transforme les ressources, et capacités en performances, tout en générant une valeur ajoutée. Cette valeur est affectée aussi bien par les performances rapportées aux ressources déployées, que par les perturbations liées à l'environnement d'affaires incertain. Des critères et indicateurs pertinents sont associés à ces facteurs. Ils sont paramétrés relativement aux exigences logistiques et aux stratégies d'affaires de l'entreprise, en utilisant la méthodologie QFD-Fuzzy AHP. La méthodologie de Conception robuste de Taguchi permet d'optimiser le niveau des critères, et donc épargner les dépenses pour des ressources inutiles. Ainsi, tous les 3PL candidats à la sélection sont comparés à l'optimum de Taguchi, et le bon à choisir sera celui le plus proche à l'optimum. Un exemple illustratif de la logistique inverse est exécuté pour démontrer l'applicabilité de l'approche. Enfin, certaines limitations sont explicitées, lesquelles doivent être traitées dans les recherches ultérieures.

Abstract - This article highlights important gaps in recent works on the selection problem of logistics service providers 3PL. It suggests a relevant, consistent, and robust selection approach, and that in the context of sustainable supply chains. The approach considers the logistics to outsource as a process, which transforms the resources, and capabilities into performances, while generating an added value. This value is affected by the performance reported to deployed resources, and by the disruptions related to the uncertain business environment. Relevant criteria and indicators are associated with these factors. They are parameterized relatively to logistical requirements and business strategies of the company, by using the methodology of QFD-AHP Fuzzy. The methodology of Taguchi robust design optimizes the level of the criteria, and thus saves the costs of unnecessary resources. Thus, all 3PL candidates for the selection are compared to the optimum of Taguchi, and the right to select will be the closest to the optimum. An illustrative example of reverse logistics is performed to demonstrate the applicability of the approach. Finally, some limitations are explained, which should be addressed in the future researches.

Mots clés - Sélection des 3PL ; Chaînes logistiques durables ; QFD ; fuzzy AHP ; Conception robuste de Taguchi.

Keywords – 3PL Selection; Sustainable Supply Chains; QFD; fuzzy AHP; Taguchi Robust Design.

1 INTRODUCTION

Une chaîne logistique comprend les fournisseurs, les fabricants, les distributeurs et détaillants, le consommateur final, les recycleurs,

et les prestataires logistiques. Les prestataires logistiques ou encore *Third Party Logistics* 3PL possèdent un rôle potentiel de médiateur entre les différentes interfaces de la chaîne logistique. Ils sont capables d'aider l'entreprise focale à réduire ses coûts logistiques, améliorer le niveau

de service, et ancrer les pratiques durables dans la chaîne logistique [Lieb & Lieb, 2010]. Cependant, selon Evangelistia *et al.* (2011) et Wolf & Seuring (2010), les 3PL ne semblent pas entreprendre des initiatives durables concrètes vis-à-vis de l'efficacité énergétique et les émissions de gaz à effet de serre, de la congestion du trafic, et du nombre d'heures et conditions de travail. Leur rôle semble plutôt concentré sur le déploiement des critères conventionnels de compétitivité (coût, qualité, et flexibilité). L'évolution de la réglementation environnementale, le boycott des produits, et l'appel solennel aux entreprises à respecter leurs engagements envers la société et l'environnement obligent les entreprises à repenser les critères et méthodes de sélection de leurs fournisseurs de produits et services, et particulièrement les 3PL. Ordoobadi, (2010) a souligné que l'intégration des 3PL dans une chaîne logistique est une décision stratégique, et que le mauvais choix aussi bien de l'activité logistique à externaliser que la sélection inadéquate du 3PL aurait des répercussions non désirables pour l'entreprise focale.

L'objectif principal de ce travail est de proposer pour une entreprise engagée dans un processus de développement durable une structure décisionnelle, lui permettant de sélectionner son partenaire logistique, tout en considérant la limitation de ses ressources budgétaires. Cette structure se veut être ; pertinente par l'identification des critères durables mesurables; consistante par la cohérence de ces critères, avec les besoins logistiques réels et les stratégies d'affaires de l'entreprise ; et robuste par la prise en compte des risques liés à l'externalisation de la logistique dans un environnement d'affaires incertain.

La suite de ce papier est organisée comme suit : La section 2 présente l'état d'art du problème de sélection des 3PL. La section 3 explicite la méthodologie suivie pour établir le modèle d'aide à la décision proposé. La section 4 présente un exemple numérique pour valider le modèle d'aide à la décision. Et, la section 5 précise la contribution principale de ce travail, ses points de sensibilité, et la suite des travaux de recherche subséquents.

2 REVUE DE LITTÉRATURE

Le problème de sélection d'un fournisseur de produits ou de services consiste, d'une part à identifier les critères de sélection, et d'autre part, déterminer la méthode d'évaluation de ces

critères. Beaucoup de travaux concernant le problème de la sélection ont suggéré une multitude de critères, et ont adopté différentes approches pour évaluer ces critères [Aguzzoul, 2014 ; Chai *et al.* 2013; & Ho *et al.* 2010];

Au niveau des critères, peu de travaux ont considéré les critères environnementaux dans le processus de sélection [Shaik & Abdul-Kader, 2011 ; Efendigil *et al.* 2008 ; Humphreys *et al.* 2003b], et rares sont les travaux qui ont combiné les critères environnementaux et sociaux avec les critères conventionnels de compétitivité [Wittstruck & Teuteberg, 2011 ; Presley *et al.* 2007]. D'autant plus, le 3PL candidat peut être "bombardé" par une longue liste de critères et sous-critères sans que vraiment soient nécessaires à la création de la valeur [Andersson & Narus, 1998]; par exemple Stank *et al.* (2001), et Sarkis & Talluri (2002) avaient suggéré respectivement 38 et 31 critères potentiels dans leurs approches de sélection. C'est pourquoi, Ho *et al.* (2010) conseillent les décideurs à considérer, la limitation aussi bien des ressources budgétaires de l'entreprise, que celle des capacités du professionnel de logistique candidat, et ce afin d'éviter de surestimer le niveau des besoins réels, et éviter aussi les coûts incrémentés des ressources non utilisées.

Au niveau des méthodes d'évaluation des critères, Les principales méthodes peuvent être classées en sept catégories [Aguzzoul, 2014] :

- 1) Modèles de pondération linéaires (AHP, ANP, TOPSIS, SMART) ;
- 2) Intelligence artificielle (*Expert System, Case Based Reasoning, Artificial Neural Network*);
- 3) Approches statistiques (*Mean & Correlation matrix, Pay-off matrix, Vendor profile analysis, ISM, Cluster Analysis, et Logistics Regression*);
- 4) Modèles de programmation mathématique (*Linear/ Nonlinear Programming, Goal programming, Multi-objective programming, et Data Envelopment Analysis DEA*);
- 5) Méthodes basées sur les coûts (*Activity-Based Costing, et Total Cost of Ownership*);
- 6) Méthodes de sur-classement (ELECTRE, PROMETHEE); et
- 7) Approches intégrées (AHP- DEA, QFD-Fuzzy AHP, PROMETHEE-Fuzzy Goal Programming, et QFD- Fuzzy AHP).

Deux méthodes d'évaluation sont plus populaires : Les approches intégrées de AHP, notamment QFD-AHP [Rajesh *et al.* 2011], et l'approche DEA [Wu & Blackhurst, 2009; Wu, 2009a]:

Les premières offrent une simplicité d'utilisation et une grande flexibilité. Elles garantissent une structure décisionnelle cohérente, et ce en associant via l'outil *Quality Function Deployment* QFD [Akao, 1990] les critères de sélection, aux besoins logistiques réels [Ho *et al.* 2012]. D'autant plus, elles permettent une vérification de la consistance des jugements [Saaty, 1980]. Sauf que, les deux grands inconvénients de ces approches résident dans :

1) Le choix final du 3PL doit être déterminé par le niveau spécifique de chaque critère, et non simplement par la simple pondération des critères [Anderson *et al.* 2011].

2) La sélection du meilleur 3PL parmi les candidats, celui qui possède des magnitudes de critères les plus élevées. Ce qui se traduit par l'offre des ressources et performances pas nécessairement utilisées ou demandées pour répondre aux exigences réelles, et donc payer ce qu'on ne doit pas utiliser [Ho *et al.* 2010].

Les deuxièmes offrent une robustesse à la décision, en surmontant les jugements arbitraires des décideurs par l'utilisation de la technique de programmation linéaire. Elles supposent la séparation les critères de sélection en deux catégories : Les critères de ressource ; agissant en tant que Inputs de la DEA, et les critères de performance ; agissant en tant que Outputs de la DEA. Elles supposent aussi la définition préalable d'une fonction dite "Efficience" qui transforme les Inputs en Outputs, tout en générant une valeur ajoutée. Ce qui semble assez difficile, notamment pour un processus de service qui renferme des critères intangibles. En plus, la DEA considère les paramètres les inputs et les outputs avec la même importance, alors que dans la réalité les poids des critères de ressources et de performance sont différents, et dépendent des besoins logistiques réels à satisfaire, ainsi que le modèle d'affaires de l'entreprise. Nous ajoutons aussi que la DEA doit tenir compte pas uniquement des paramètres de ressource et performance, mais aussi des paramètres de perturbation liés à l'environnement d'affaires incertain (comme l'incertitude & la variabilité de la demande ; les risques environnementaux et les risques sociaux) qui ont un impact non négligeable sur l'efficience du processus à externaliser, et donc sur la sélection du 3PL approprié.

Afin de contourner certains de ces inconvénients, Ordoobadi (2010) a proposé une liste de bénéfices et une liste d'inconvénients associés à l'externalisation de la logistique. Puis,

elle a associé pour chaque paramètre (bénéfice ou inconvénient) une " fonction Perte " de Taguchi ; [Taguchi *et al.* 2000], ensuite elle a défini une composition de ces fonctions qui permet d'évaluer globalement chaque 3PL candidat à la sélection. Le modèle d'Ordoobadi permet d'éviter les jugements arbitraires des décideurs, sauf qu'il faut déterminer pour chaque fonction de Taguchi ses propres conditions aux limites ; chose qui semble assez délicate, notamment pour les paramètres intangibles souvent associés aux processus de service comme la logistique.

Dans le souci de minimiser les ressources budgétaires associées à l'externalisation, Hamdan & Rogers (2008) et Chang, (2008) ont suggéré de combiner la programmation d'objectifs à choix multiples avec les fonctions de Taguchi. Leur but est de trouver un ensemble de solutions aux problèmes de décision multicritères, tout en minimisant les écarts entre la réalisation d'objectifs et leurs cibles souhaitées. Leur modèle est trop analytique, et demande des compétences poussées en programmation.

Dans ce papier, nous proposons une approche systématique, et facile à adopter pour sélectionner un 3PL, dans un contexte de chaîne logistique durable. Elle permet de choisir les paramètres de sélection pertinents au contexte, d'utiliser les avantages de l'approche QFD-AHP, et améliorer encore la consistance, pour servir de paramétrage aux critères de sélection, et de considérer la limite budgétaire, en combinant le QFD-Fuzzy AHP à la conception robuste de Taguchi.

3 MÉTHODOLOGIE

Nous considérons l'ensemble des activités logistiques à externaliser comme un processus de service. Ce processus transforme des éléments d'entrée (ressources, et capacités) en éléments de sortie (performances et capacités), tout en générant une valeur ajoutée. Nous faisons une analogie entre un procédé industriel et un processus de service. Le procédé industriel dispose d'un ensemble de paramètres techniques possibles à contrôler, et est assujéti à un ensemble de perturbations difficile ou impossible à maîtriser. De même, le processus de service dispose d'un ensemble de critères de ressource et de capacité qui sont convertis en critères de performance. Il est aussi sollicité à un ensemble de perturbations, comme l'incertitude et la variabilité de la demande, la rupture

d'approvisionnement, et le risque environnemental naturel, difficile à prévoir et qui influencent l'efficacité du processus. La figure 1 illustre l'analogie entre le procédé industriel et le processus de service.

Le plan d'expérience ; ou encore le plan orthogonal de Taguchi est utilisé dans la conception robuste des produits et procédés industriels, pour effectuer le minimum d'essais sur les niveaux de paramètres de conception, capables de donner le maximum de résultats. Ces résultats sont traités suivant une technique graphique élaborée par Taguchi, pour déterminer le niveau optimal de chaque paramètre de conception. Ce qui garantit la robustesse du procédé ou conception de produit face aux variations causées par les perturbations [Padkes, 1989].

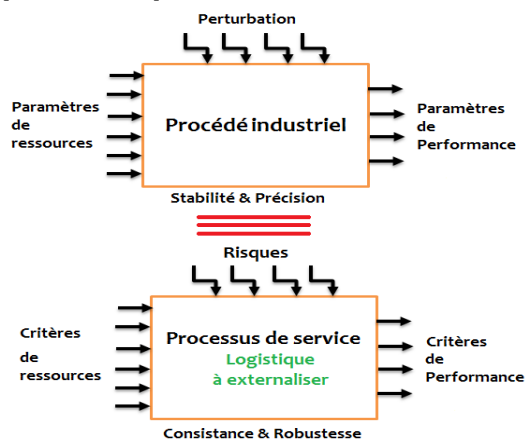


Fig.1 Analogie entre le procédé industriel et le processus de service

Les optima des paramètres définissent l'optimum de Taguchi. Cet optimum peut être considéré comme une référence, ou encore un "set point" de comparaison et régulation avec les états éventuels du processus.

Nous proposons une approche de sélection des 3PL composée de neuf étapes:

Nous supposons tout d'abord que l'externalisation d'une ou plusieurs activités logistiques est une décision stratégiquement, et financièrement justifiée.

Étape 1 : Définir le processus logistique à externaliser, déterminer et valider la liste des exigences logistiques qui lui sont associées ;

Étape 2 : Identifier les critères durables (compétitivité, environnement, et société), puis les classer en termes de critères de ressource et critères de performance. Ensuite, identifier et valider la liste des perturbations ou encore Risques qui sont capables d'influencer négativement la prestation logistique ;

Étape 3 : Déterminer et valider les magnitudes possibles que peut prendre chaque critère, et chaque risque. Le niveau minimal d'un critère représente le niveau de qualification que doit vérifier chaque 3PL candidat, pour rester dans la sélection.

Étape 4 : Utiliser l'outil (*Quality Function Deployment*) QFD à 3 reprises, pour calculer l'importance relative: 1) des exigences logistiques, en fonction des stratégies d'affaires de l'entreprise (le poids relatif de chaque stratégie d'affaires est supposé connu dans ce papier) ; 2) des critères de sélection en fonction des exigences logistiques ; et 3) des risques en fonction des exigences logistiques. Pour remédier au problème de jugement arbitraire des décideurs, et pour assurer une consistance admissible du processus d'évaluation QFD, le concept de la logique floue [Zadeh, 1965], et l'outil d'analyse multicritère (*Analytic Hierarchic Process*) AHP [Saaty, 1980] sont combinés avec le QFD.

Étape 5 : Le nombre de critères étant connu, le nombre de risques étant connu, les poids relatifs de ces paramètres étant connus, et le nombre des niveaux de performance (magnitudes) que chacun de ces paramètres peut prendre étant connu, on peut déterminer le plan orthogonal de Taguchi approprié, à partir des publications comme [Padkes, 1989].

Étape 6 : Deux fonctions doivent être définies pour le plan d'expérience de Taguchi ; la fonction "efficacité" à maximiser ; et la fonction "perte de Taguchi" exprimée en décibels, à maximiser [Wysk et al. 2000].

Étape 7 : L'optimum de Taguchi qui matérialise la configuration des magnitudes optimales n'existe pas nécessairement dans le plan orthogonal, mais l'interprétation graphique de Taguchi permet de le déterminer.

Étape 8 : Pour tous les 3PL candidats, il faut déterminer la magnitude de chaque critère. Ensuite, dans le plan orthogonal déterminer la valeur de chacune des fonctions pour chaque candidat.

Étape 9 : Pour chaque candidat, calculer la différence relative par rapport à l'optimum de Taguchi. Celui qui présente des valeurs très proches de l'optimum, est le 3PL vainqueur. En plus, un plan d'actions correctives peut être suggéré au vainqueur pour s'aligner davantage avec l'optimum de Taguchi.

Nous développons dans les sous-sections suivantes les grandes phases de cette méthodologie :

3.1 Identification des critères et risques

Concernant les critères de sélection, [Coltman et al. \(2011\)](#) ont conduit récemment une étude empirique sur 309 utilisateurs des 3PL (UPS, Fedex, DHL,...). Elle concerne la priorité accordée à une vingtaine de critères potentiels de la compétitivité, lors du processus de sélection des 3PL. Ils ont regroupés ces critères en cinq catégories : Responsabilité du Management, facteurs internes (ressource et capacité), facteurs externes, charges imputées au client, et facteurs de performance. Ils ont proposé une liste de dix critères de sélection prépondérants, laquelle a été réduite à sept critères dans les travaux d'[Anderson et al. \(2011\)](#); en associant les catégories responsabilité du management et charge imputée au client à la catégorie de facteurs internes. Or, selon des études antérieures sur les performances logistiques, les facteurs externes pourraient ne constituer qu'un miroir plan des facteurs internes [[Caplice & Sheffi, 1994](#); [Franceschini & Rafele, 2000](#)]. Nous suggérons alors, dans ce papier deux catégories de critères de sélection : critères internes et critères de performance.

Nous précisons deux choses importantes :

- 1) Dans le contexte de chaînes logistiques durables, la compétitivité doit être complétée par le respect de l'environnement, et l'engagement social;
- 2) Dans un contexte d'affaires incertain, les facteurs de perturbation qui influencent de manière incontrôlable les facteurs de ressources et de performances doivent être pris en considération;

Nous nous sommes inspirés des travaux d'[Anderson et al. \(2011\)](#), et de [Jayaram & Tan, \(2010\)](#) pour identifier les critères relatifs à la compétitivité :

A. Portée des ressources ; B. Prix ; C. Professionnalisme ; et D. Rétablissement du service client, comme critères de ressource, et G. Fiabilité de livraison ; H. Capacité logistique, comme critères de performance.

Nous nous sommes inspirés des travaux de [Wittstruck & Teuteberg, \(2011\)](#) ; & [Presley et al. \(2007\)](#), & autres pour identifier les critères environnementaux et sociaux :

E. Pratique environnementale, et F. Pratique sociale, comme critères de ressource, et I. Impacts environnementaux, et J. Performance sociale, comme critères de performance.

Soit au total, 6 critères de ressource et 4 critères de performance.

Concernant les facteurs de perturbation ; ou en encore les risques, [Jüttner \(2005\)](#) avait défini un risque associé à une chaîne logistique comme un facteur difficile à prévoir et contrôler, et qui peut provoquer des perturbations.

Les risques peuvent provenir de quatre sources : L'environnement externe de l'entreprise, la demande et l'approvisionnement, les processus internes de l'entreprise, et les sources de contrôle. Nous suggérons alors, 4 facteurs de perturbation : K. Risque Environnemental naturel, L. Risque social, M. Variabilité et incertitude d'approvisionnement et de demande, et N. Manque de contrôle sur le produit/service.

Ainsi, le processus logistique est défini par les éléments d'entrée (critères de ressource), par les éléments de sortie (critères de performance), et les facteurs de perturbation (les risques).

Afin de de mesurer chaque critère, et déterminer le niveau de criticité de chaque perturbation, nous avons adopté pour les critères 4 niveaux de magnitudes. Excepté la portée de ressource pour lequel nous avons adopté deux niveaux décroissants (3 & 2). Nous nous sommes inspirés des travaux d'[Anderson et al. \(2011\)](#) pour établir l'échelle des magnitudes (voir la table 1).

Quant à la criticité des risques, nous avons adopté 3 niveaux : *high*, *medium*, et *low* (voir la table 2). Il faut noter que les niveaux des critères ressource et des risques sont classés en ordre d'importance décroissant, i.e. niveau 1 est plus important que le niveau 2, contrairement aux critères de performance classés en ordre croissant ; i.e. niveau 1 est moins important que le niveau 2.

3.2 Pondération des critères & risques

Les critères et les risques n'ont pas le même impact sur l'efficacité du processus logistique. Cela dépend leur incidence sur les exigences logistiques à satisfaire. De même, l'importance attribuée à chaque exigence logistique dépend des stratégies d'affaires adoptées par l'entreprise. Ces stratégies n'ont pas le même poids, cela dépend du modèle d'affaire de l'entreprise.

Nous explicitons dans la table 3 les neuf stratégies d'affaires proposées par [Osterwalder, \(2004\)](#), et un ensemble de 7-8 exigences logistiques selon la nature de l'activité logistique [[Sarkis et al. 2010](#); [Srivastava, 2008](#); [Li & Olorunniwo, 2008](#); [Sink et al. 1996](#); & [Wu & Dunn, 1995](#)]

L'outil *Quality Function Deployment* QFD permet à travers la maison de la qualité (*House Of Quality* HOQ) d'établir la relation entre les stratégies et les besoins logistiques, ensuite

établir la relation entre les besoins et les critères d'une part, enfin la relation entre les besoins et les risques. Conventionnellement, les relations entre les *Whats* et les *How*s de HOQ peuvent être faibles, modérées, ou fortes, et peuvent prendre des valeurs numériques de 1 à 9.

Cependant, deux problèmes peuvent surgir. Le premier, c'est celui de la consistance des jugements dans la matrice HOQ [Nobakht & Roghanian, 2013; Ho, 2012], et le deuxième vient de l'implication d'un groupe de décideurs

multidisciplinaires dont la conception du jugement. Le jugement résultant peut générer un flou et donc une distorsion de l'information [Kwong & Bai, 2004].

Afin de surmonter le problème de consistance, on associe à HOQ la méthode AHP (*Analytic Hierarchic Process*) de Saaty (1980), et afin de surmonter le problème de distorsion de l'information, on associe à AHP la théorie de la logique floue [Zadeh, 1965]. La figure 2 illustre les 3 phases de pondération.

Table 1: Définition des critères et leurs différentes magnitudes

(Source : inspirée de Coltman et al. (2011), Anderson et al. (2011), Wittstruck & Teuteberg, (2011); & Presley et al. (2007))

| Définition du critère | Niveau d'attribution du critère | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| G. Fiabilité et Performance de Livraison (complète, à temps spécifié et sans erreur); Livraison complète de produit (ou service), à temps spécifié, et avec une documentation exacte | 98–100% | 4 |
| | 95– 97% | 3 |
| | 92– 94% | 2 |
| | 89– 91% | 1 |
| H. Capacité logistique: La capacité de répondre aux besoins imprévus du client. Inclut Conduite les ramassages (reprises) spéciaux, Et le Stockage saisonnier. | Excellent : leader du secteur industriel; | 1 |
| | Mieux que la moyenne du secteur industriel; | 2 |
| | Égal à la moyenne; | 3 |
| | Au-dessous de la moyenne | 4 |
| D. Rétablissement du service client : Activité visant à identifier et résoudre les problèmes inattendus de la livraison | Proactif; | 1 |
| | Actif; | 2 |
| | Égal à la moyenne de l'industrie ; | 3 |
| | Réactif : Réponse lente aux problèmes et probablement absence de solutions à proposer | 4 |
| A. Portée des ressources : Actifs physiques et informationnels possédés ou contrôlés par le 3PL, à déployer en vue de satisfaire les exigences prescrites | Mieux que la moyenne du secteur industriel ; | 2 |
| | Égal à la moyenne du secteur industriel ; | 3 |
| | Au-dessous de la moyenne (Niveau de disqualification, dans notre exemple) | 4 |
| N. Professionnalisme : se rapporte au degré de connaissance du 3PL de la logistique liée au secteur d'activité du client. Par exemple, la connaissance de la façon de gérer les douanes, le transport, l'entreposage et les autres activités logistiques spécifiées par client | Connaissance profonde aussi bien de logistique que l'activité industrielle du client | 1 |
| | Degré de Connaissance : profond de logistique et acceptable de l'activité industrielle du client | 2 |
| | Degré de Connaissance : acceptable de logistique et profond de l'activité industrielle du client | 3 |
| | Connaissance acceptable aussi bien de logistique que l'activité industrielle du client | 4 |
| B. Prix : Ce que l'entreprise focale paie pour le service logistique fourni par le 3PL | Significativement supérieur à ce que vous payez actuellement (5–8% de plus) | 4 |
| | Supérieur à ce que vous payez actuellement (0–4% de plus); | 3 |
| | Similaire à ce que vous payez actuellement; | 2 |
| | Inférieur à ce que vous payez actuellement (0–4% de moins) | 1 |
| E. Pratique environnementale : Jusqu'à quelle mesure le 3PL s'occupe des problèmes de l'environnement? | Mesures de traitement des déchets solides, liquides, et gazeux | 4 |
| | Mesures de prévention de la pollution à la source | 3 |
| | Investissement dans les technologies d'efficacité énergétique émergentes | 2 |
| | Management environnemental certifié LEED/ISO | 1 |
| N. Impact environnemental : Arguments tangibles qui démontrent le niveau d'engagement du 3PL vis-à-vis des problèmes environnementaux. | Conformité avec les lois environnementales | 1 |
| | Déclaration environnementale | 2 |
| | Taux de Réduction d'émissions de Gaz à effet de serre GES | 3 |
| | Efficience environnementale (Taux de réduction de GES/\$ investi en technologies sobres en carbone) | 4 |
| F. Pratique sociale : Jusqu'à quelle mesure le 3PL s'occupe des problèmes sociaux? | Respect des droits de l'Homme | 4 |
| | Maîtrise des risques liés à l'hygiène, sécurité, et santé | 3 |
| | Management des compétences | 2 |
| | Responsabilité sociale | 1 |
| J. Performance sociale : Arguments tangibles qui démontrent le niveau d'engagement du 3PL vis-à-vis des problèmes sociaux. | Stabilité des emplois | 1 |
| | Certification OHSAS 18001 or Équivalent | 2 |
| | Résultats et actions correctives | 3 |
| | Certification SA 8000 / ISO 26000 | 4 |

N.B : L'interprétation de la magnitude est différente selon la nature du critère (critères de ressource versus critères de performance)

Table 2: Magnitude des risques en fonction de l'impact et probabilité d'occurrence

| Pour tout risque Impact | Probabilité d'occurrence | | | |
|--------------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|
| | Magnitude | H | M | L |
| | H | HH= 3 | HM= 3 | HL= 2 |
| | M | MH= 3 | MM= 2 | ML= 1 |
| L | LH= 2 | LM= 1 | LL= 1 | |

(L): Low; (M): Medium; (H): High,

04 risques à considérer : 1) Incertitude et variabilité de la demande et approvisionnement, 2) risque environnemental, 3) risque social, et 4) manque de contrôle qualité des produit/service

Table 3 Principales stratégies d'affaires, et exigences logistiques

| | |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stratégies d'affaires (Si) | S1 Améliorer l'offre de produits et service; S2 Maintenir les compétences et la main d'œuvre qualifiée; S3 Maintenir des partenariats à long terme; S4 Réduire les coûts par la pratique des opérations durables; S5 Améliorer la part de marché de l'entreprise; S6 Maintenir à long termes l'intégration des clients; S7 Améliorer les performances de la chaîne logistique; S8 Améliorer l'image de marque de l'entreprise; and S9 Maintenir une performance financière supérieure. |
| Processus logistique | Exigences durables (SR j) |
| Logistique des matières premières et produits semi finis | SR1) Consolidation des frets; SR2) Réduire les coûts de transport; SR3) Équipements Physiques; SR4) Capacité du système d'information; SR5) Niveau de service; SR6) Gestion des retours de transport; et SR7) Mesures sociales & environnementales responsables. |
| Logistique des produits finis | SR1) Optimisation du transport et manutention des produits; SR2) Consolidation distribution center; SR3) Améliorer le service client; SR4) Équipement logistique approprié; SR5) Technologies de distribution pour mieux gérer le système logistique; SR 6) Gestion des retours de transport; et SR7) Mesures sociales & environnementales responsables. |
| Logistique inverse | SR1) Établir un plan optimal du portefeuille des retours de produits; SR2) Espace et conditions de stockage appropriés; SR3) Réduire les déchets d'emballage et réutiliser le matériel d'emballage.; SR4) Contrôle des coûts opératoires et actifs de récupération; SR5) Augmenter la satisfaction Client; SR6) Fournir les données Client à valeur ajoutée pour améliorer le processus de Conception et développement SR7) Technologie d'information pour améliorer la visibilité des retours de produits ; et SR8) Mesures sociales & environnementales responsables. |

3.3 Définition de la fonction 'Efficience' et application du plan orthogonal de Taguchi

Le processus logistique est présentement défini par ses inputs (6 critères de ressource) et outputs (4 critères de performance), et sollicité à un ensemble de perturbations (4 risques). Chaque facteur est paramétré par un poids spécifique. Pour évaluer le processus, on peut lui associer une fonction dite Efficience :

$E = \text{Output} / (\text{Input} + \text{Risques})$; une fonction rationnelle adimensionnelle [Farrell, 1957], où les risques peuvent être considérés comme ressources additionnelles pour le management d'éventuelles contingences [Lonsdale, 1999].

$$E = \frac{\sum_j y_j \cdot L_j}{\sum_i x_i \cdot L_i + \sum_k x_k \cdot L_k} \quad (1)$$

Où:

- i : indice des critères de ressource,
- x_i et L_i : poids et magnitude du critère ressource i
- k : indice des facteurs risque,
- x_k et L_k : poids et magnitude du risque k
- j : indice des critères de performance,

x_j et L_j : poids et magnitude du critère de performance j

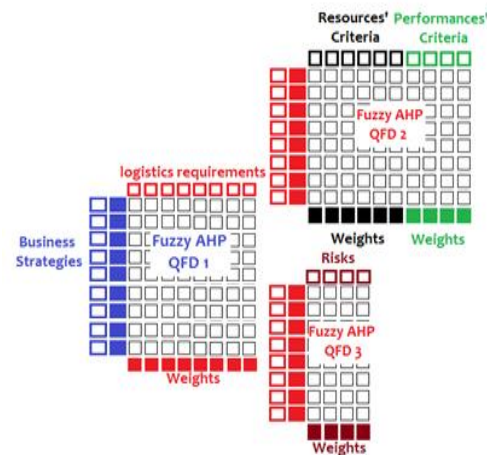


Fig.2 QFD/Fuzzy AHP à 3 phases

La question maintenant est la suivante : Comment déterminer les magnitudes des critères de ressources et critères de performances qui maximisent la fonction efficience E, tout en

limitant les variations issues de l'effet des perturbations (risques) ?

Taguchi avait défini un plan d'expérience ; dit encore plan orthogonal qui permet d'effectuer le minimum d'essais, tout en donnant le maximum de résultat. Le nombre d'essais à effectuer dépend du nombre de paramètres en jeu, ainsi que le nombre de magnitude associé à chaque paramètre. Des plans orthogonaux standards ont été publiés (voir [Padkes, 1989]). Le plan qui correspond à notre cas est L32 x L9 ; 32 essais et 9 situations de risques. Chaque essai n donne lieu à 9 valeurs d'efficacité de moyenne :

$$E_n = \sum_m E_{m,n} / 9 \quad (2)$$

Où n : numéro d'essai de Taguchi & m : numéro de la configuration parmi les 9 configurations de risques (voir tableau 8)

Pour capter l'effet de variation, Taguchi avait défini une fonction continue et quadratique appelée fonction 'Perte' de Taguchi (*Taguchi loss function*). Cette fonction pénalise toute déviation d'un paramètre de conception d'un processus par rapport sa valeur spécifique, et qui contribue à la détérioration de la performance globale du processus [Wysk et al. 2000].

Généralement, il existe 3 fonctions 'Perte' de Taguchi, suivant le cas de la cible. Pour notre cas la cible est de maximiser la fonction E, donc la fonction 'Perte' de Taguchi est (*Large is the best*) définie par le Signal Noise Rate exprimée en décibels :

$$SNR_n = -10 \log \left[\frac{\sum_m \frac{1}{(E_{m,n})^2}}{m} \right] \quad (3)$$

L'optimum de Taguchi n'existe pas forcément dans le plan d'expérience. Pour l'identifier, il faut isoler chaque paramètre, ensuite déterminer pour chaque magnitude de ce paramètre la moyenne des efficacités et la moyenne des fonctions 'Perte', puis procéder à une interprétation géométrique, afin d'isoler la magnitude qui maximise la fonction efficacité et maximise (dans notre cas) la fonction 'Perte' c.à.d. minimise l'effet de la variation. L'optimum de Taguchi est finalement défini par les magnitudes associées aux critères de ressource et de performance qui maximisent simultanément les deux fonctions.

3.4 Évaluation des 3PL candidats

Après avoir déterminé la magnitude de chaque critère pour tous les candidats, les candidats ayant satisfait le niveau de qualification sont

introduit dans le plan de Taguchi. Celui qui présente simultanément les valeurs de l'efficacité et SNR maximales est déclaré vainqueur. D'autant plus, ses magnitudes ne peuvent être comparées à celles de l'optimum de Taguchi, ce qui permet d'établir un plan d'amélioration, à posteriori. Cela permet d'éviter de surestimer le niveau des besoins réels, et les coûts incrémentés des ressources non utilisées.

4. VALIDATION DU MODÈLE DE SÉLECTION

On considère une entreprise manufacturière, proactive dans son processus de développement durable. Nous supposons que le recours à l'externalisation de sa logistique inverse, est dans le but de récupérer autant que possible les produits déjà utilisés pour des fins de *Remanufacturing*. L'externalisation est supposée également justifiée stratégiquement et financièrement.

Un groupe multidisciplinaire est constitué pour sélectionner un 3PL capable de satisfaire les exigences spécifiques de l'entreprise, et vérifiant les critères de sélection, de manière à prendre en compte les limites budgétaires. Le premier travail du groupe est d'établir la relation : 1) entre les stratégies d'affaires et les besoins en logistique inverse. 2) entre les besoins logistiques et les critères de sélection, et 3) entre les besoins logistiques et les risques. Le but est de paramétrer les critères et les risques de manière cohérente et consistante.

Pour chaque stratégie d'affaires S_k ($k=1$ à 9), on veut chercher les poids relatifs w_{jk} des exigences logistiques SR_j ($j=1$ à 8) (tableau 3). On effectue alors une comparaison deux à deux des SR_j (tableau 3). Les jugements humains de comparaison (égal, moyen, assez fort, très fort, absolu), étant assez vagues et difficiles de représenter en termes de chiffres précis (1 à 9, il convient de les exprimer à l'intérieur d'un intervalle appelé ensemble flou, plutôt que par des valeurs fixes [Zadeh, 1965]. Les nombres flous triangulaires (NFT) peuvent être utilisés pour décider la priorité d'une variable de décision par rapport à une autre (Kwong & Bai, 2004). Si a, b et c représentent respectivement, la plus petite possible la valeur, la valeur la plus prometteuse, et la plus grande valeur possible qui décrivent un événement flou. Un NFT peut être désigné par le triplet (a, b, c), avec $a \leq b \leq c$. Zadeh (1965) associe à tout NFT une fonction qui lui assigne une teneur d'appartenance comprise entre 0 et 1 :

$\mu_F : \tilde{x} \rightarrow \mu_F \tilde{x}(a, b, c)$, telle que

$$\mu_F(\tilde{x}_{(a,b,c)}) = \begin{cases} \frac{(x-a)}{(b-a)}; x \in [a, b] \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; x \in [b, c] \\ 0; \text{autrement} \end{cases}$$

La figure 3 illustre cette fonction d'appartenance. La comparaison deux à deux des exigences logistiques SR_j , par rapport à une stratégie d'affaires S_k donnée ($k=1$ à 9) est résumée dans la matrice carrée A_{S_k} : En utilisant la

représentation α -cut de Kwong & Bai, (2004), les NTF peuvent être exprimés seulement en deux composantes :

$$\tilde{x}(a, b, c) = [(b-a).\alpha + a, c + (c-b).\alpha] \quad (4)$$

$$\tilde{x}^{-1}(a, b, c) = [((b-a).\alpha + a)^{-1}; (c + (c-b).\alpha)^{-1}] \quad (5)$$

Kwong & Bai, (2004) ont aussi suggéré une combinaison linéaire convexe appelée index d'optimisme, pour approximer un NTF avec un seul composant, ce qui permet d'accomplir une Fuzzy AHP comme une AHP traditionnelle.

$$\tilde{x}(a, b, c) = (1 - \mu)[(b-a).\alpha + a] + \mu[c + (c-b).\alpha]$$

(6) Où, $0 \leq \alpha \leq 1$ and $0 \leq \mu \leq 1$

Donc, on peut transformer tous les paramètres de la matrice A_{S_k} , en utilisant (6).

On élève la matrice A_{S_k} aux puissances 2, ou 3, ..., selon la précision que l'on désire avoir dans la suite des calculs de l'AHP; disons la puissance 4 qui donne la matrice $B_{S_k} = (b)_{ijk}$

Les importances relatives w_{jk} des SR_j par rapport à chaque S_k sont déterminées à partir de la matrice $B_{S_k} = (b)_{ijk}$ comme suit :

$$w_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^8 b_{ijk}}{\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 B_{ijk}} \quad (7)$$

Cependant, pour garantir la consistance de ces valeurs, il faut que la valeur propre maximale

λ_{\max} associée au vecteur W composé de w_{jk} vérifie la relation suivante :

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{(\lambda_{\max} - N)/(N-1)}{RI} \leq 0.1 \quad (8)$$

Où, N =dimension de la matrice $A_{S_k}=8$, et RI indice aléatoire associé à la dimension N donné par la table 4

Le quotient de Rayleigh (1842–1919) fournit une bonne approximation de la valeur propre maximale λ_{\max} associée au vecteur propre W :

$$\lambda_{\max} \cdot W \approx A \cdot W, \text{ en multipliant les deux membres}$$

$$\text{par } W, \text{ on a : } \lambda_{\max} W \cdot W \approx W \cdot A \cdot W$$

$$\lambda_{\max} \approx W \cdot A \cdot W / W \cdot W \quad (9)$$

Le paramétrage des exigences logistiques SR_j par rapport aux S_k , des critères de sélection par rapport aux SR_j , et des risques par rapport aux SR_j est récapitulé dans les maisons de qualité HOQ représentées dans les tables 5, 6, et 7 :

Table 4: Indices aléatoires de l'AHP

| N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0.00 | 0.00 | 0.52 | 0.89 | 1.11 | 1.25 | 1.35 | 1.40 | 1.45 | 1.49 |

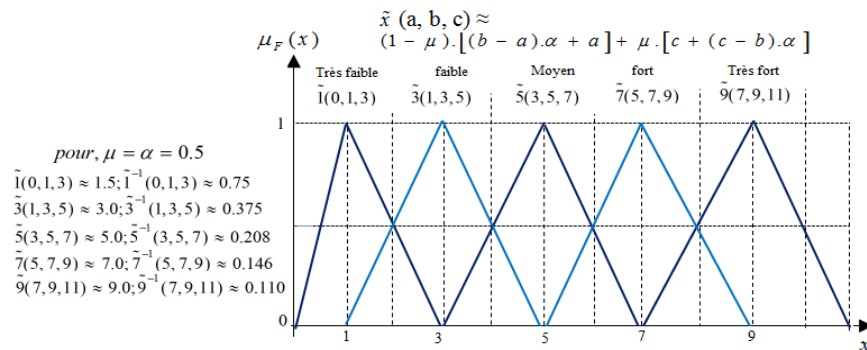


Fig.3 Fonctions $\mu_F : \tilde{x} \rightarrow \mu_F \tilde{x}(a, b, c)$ associées aux nombres triangulaires flous ($\tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9}$)

Table 5: QFD1-Fuzzy AHP: Stratégies d'affaires S_i versus exigences logistiques SR_j

| HOQ1 | a_i | SR ₁ | SR ₂ | SR ₃ | SR ₄ | SR ₅ | SR ₆ | SR ₇ | SR ₈ | CR<0.1 |
|---------------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| S ₁ | .100 | .052 | .023 | .048 | .114 | .393 | .222 | .044 | .105 | .058 |
| S ₂ | .100 | .171 | .032 | .029 | .070 | .064 | .156 | .143 | .334 | .054 |
| S ₃ | .100 | .072 | .156 | .027 | .143 | .114 | .052 | .122 | .315 | .067 |
| S ₄ | .150 | .286 | .056 | .131 | .052 | .120 | .047 | .043 | .263 | .050 |
| S ₅ | .050 | .156 | .030 | .028 | .071 | .447 | .065 | .060 | .143 | .059 |
| S ₆ | .120 | .079 | .023 | .041 | .022 | .312 | .286 | .077 | .159 | .064 |
| S ₇ | .130 | .056 | .052 | .047 | .131 | .289 | .043 | .120 | .263 | .050 |
| S ₈ | .050 | .049 | .045 | .041 | .038 | .220 | .112 | .102 | .392 | .053 |
| S ₉ | .200 | .311 | .020 | .081 | .285 | .157 | .038 | .035 | .074 | .060 |
| Importance relative | SR (j) | .311 | .047 | .061 | .123 | .215 | .106 | .077 | .210 | 1.000 |

Table 6: QFD2- Fuzzy AHP Exigences logistiques SR_j versus critères de sélection

| HOQ 2 | | Critères internes (Inputs) | | | | | | Critères de performance (Outputs) | | | | CR<0.1 |
|---------------------|-----------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | SR _j | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | |
| SR ₁ | .161 | .098 | .220 | .044 | .041 | .038 | .040 | .205 | .191 | .091 | .032 | 0.052 |
| SR ₂ | .047 | .246 | .120 | .051 | .023 | .112 | .048 | .022 | .230 | .104 | .045 | 0.052 |
| SR ₃ | .061 | .039 | .096 | .090 | .084 | .333 | .078 | .018 | .036 | .190 | .034 | 0.055 |
| SR ₄ | .123 | .143 | .061 | .269 | .135 | .057 | .054 | .101 | .095 | .044 | .041 | 0.051 |
| SR ₅ | .215 | .106 | .048 | .099 | .215 | .045 | .042 | .200 | .186 | .021 | .039 | 0.031 |
| SR ₆ | .106 | .062 | .024 | .058 | .054 | .287 | .149 | .139 | .050 | .130 | .047 | 0.052 |
| SR ₇ | .077 | .352 | .211 | .117 | .057 | .027 | .026 | .109 | .053 | .024 | .022 | 0.056 |
| SR ₈ | .210 | .045 | .042 | .089 | .021 | .206 | .192 | .020 | .039 | .179 | .167 | 0.049 |
| Importance relative | b_j | .113 | .092 | .103 | .090 | .124 | .087 | .118 | .113 | .094 | .065 | 1.000 |

Table 7: QFD3- Fuzzy AHP: Exigences logistiques SR_j versus risques

| HOQ 3 | SR _j | K | L | M | N | CR<0.1 |
|---------------------------------|-----------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| SR ₁ | .161 | .459 | .051 | .104 | .386 | 0.064 |
| SR ₂ | .047 | .120 | .558 | .057 | .265 | 0.080 |
| SR ₃ | .061 | .108 | .549 | .091 | .252 | 0.071 |
| SR ₄ | .123 | .509 | .081 | .223 | .187 | 0.078 |
| SR ₅ | .215 | .459 | .051 | .104 | .386 | 0.064 |
| SR ₆ | .106 | .178 | .043 | .150 | .629 | 0.082 |
| SR ₇ | .077 | .062 | .052 | .221 | .664 | 0.081 |
| SR ₈ | .210 | .459 | .051 | .104 | .386 | 0.064 |
| Importance relative des risques | w_k | .367 | .108 | .130 | .395 | 1.000 |
| Exigences logistiques | | Facteurs de perturbation (risques) | | | | |

Le processus logistique à externaliser est clairement défini par toutes ses composantes (paramétrage des Inputs, outputs, et perturbations). La conception robuste de Taguchi est utilisée pour optimiser le processus; c.-à-d. Déterminer les magnitudes des inputs et outputs qui permettent de maximiser l'efficacité et la robustesse du processus logistiques (équations 2 et 3).

Un plan d'expérience de 32 essais est dressé pour calculer la fonction efficacité E, et la fonction 'Perte' de Taguchi SNR (voir table 8).

Pour chaque critère, on isole chaque magnitude, pour laquelle on calcule la moyenne E_{moy} , et la moyenne des SNR.

Par exemple : Pour le niveau 1 du critère B, la moyenne des efficacités E est : $(0.149 + 0.256 + 0.338 + 0.403 + 0.291 + 0.276 + 0.302 +$

$0.288)/8 = 0.29$, et la moyenne des pertes de Taguchi SNR est : 15.78.

Les calculs sont récapitulés dans la table 9

On enduit l'optimum de Taguchi, c'est-à-dire le 3PL "fictif". Il possède les magnitudes suivantes :

(A=3; B=2; C=2; D=2; E=1; F=2; G=4; H=4; I=4; J=4)

On remarque que les critères de ressource n'exigent pas nécessairement des magnitudes maximales pour aboutir à l'optimalité; c.-à-d. Le meilleur 3PL n'est pas celui dont les magnitudes des critères de sélection sont les plus élevées.

L'appel d'offre à l'externalisation de la logistique inverse permet de constituer une liste des 3PL candidats. Cette liste est raccourcie à neuf 3PL qui vérifient le niveau de qualification de chaque critère de sélection.

En introduisant les 3PL candidats dans le plan orthogonal de Taguchi, les valeurs moyennes de leurs fonctions caractéristiques sont calculées et illustrés dans la figure 4.

On en déduit ainsi, le classement suivant :

$$Opt_{Taguchi} > 3PL_7 = 3PL_6 > 3PL_5 > 3PL_4 >$$

$$3PL_1 > 3PL_2 > 3PL_3 > 3PL_8 > 3PL_9$$

Les vainqueurs 3PL7 et 3PL6 présentent un manque à gagner de de 24% en termes de l'efficacité du processus logistique, et 15.6% en termes de robustesse, par rapport à l'optimum de Taguchi. Ces deux vainqueurs peuvent être séparés lors de la négociation du contrat, et un plan d'amélioration peut être assigné au 3PL sélectionné pour rattraper les écarts.

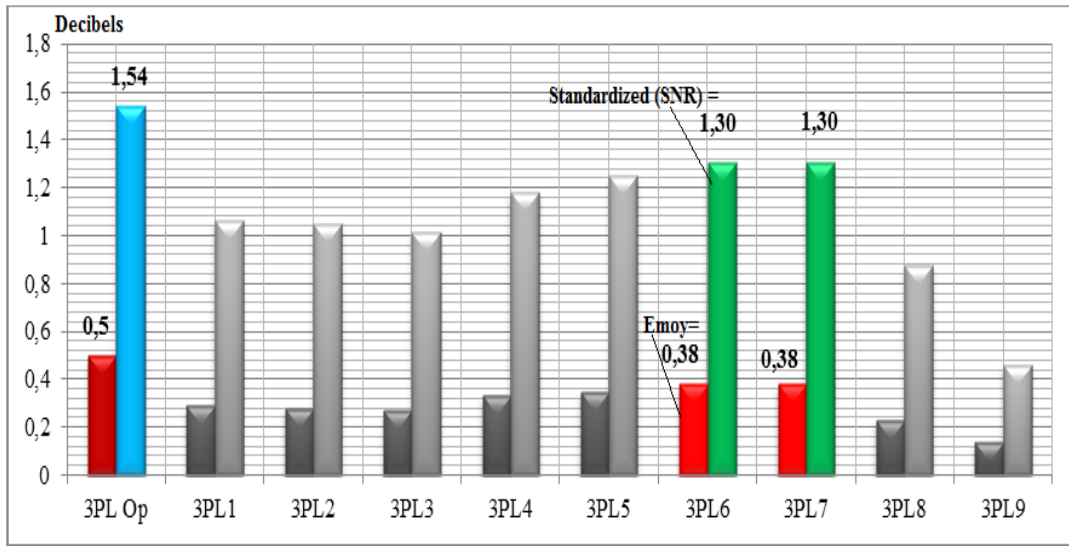


Fig.4 Valeurs moyennes de l'efficacité et la fonction Taguchi des neufs 3PL candidats, comparées à l'optimum 3PL Op

Table 9: Effet de magnitude de chaque critère sur l'efficacité E_{Moy} , et la fonction de Taguchi SN_R

| Niveau du critère | Valeur moyenne de l'efficacité | | | | Valeur moyenne standardisée de la fonction 'perte' | | | |
|-------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|----------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | ** | .28 | .28 | ** | ** | 15.64 | 15.76 | ** |
| B | .29 | .30 | .28 | .27 | 15.78 | 15.70 | 15.72 | 15.60 |
| C | .29 | .29 | .28 | .27 | 15.93 | 15.95 | 15.62 | 15.29 |
| D | .29 | .29 | .28 | .27 | 15.88 | 15.91 | 15.64 | 15.36 |
| E | .30 | .29 | .28 | .27 | 15.98 | 15.91 | 15.64 | 15.20 |
| F | .29 | .29 | .28 | .27 | 15.83 | 15.97 | 15.69 | 15.30 |
| G | .23 | .26 | .30 | .34 | 13.87 | 15.26 | 16.35 | 17.30 |
| H | .23 | .27 | .30 | .03 | 13.93 | 15.31 | 16.35 | 17.21 |
| I | .24 | .27 | .30 | .32 | 14.25 | 15.33 | 16.24 | 16.80 |
| J | .25 | .27 | .30 | .31 | 14.63 | 15.46 | 16.12 | 16.59 |

Table 8: Plan orthogonal de Taguchi (L' 32 x L9)

| Facteurs de perturbation (risques) | | | | | | | K | w ₁ | 0,37 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | Réponses | | | | | | | |
|------------------------------------|---|---|---|---|---|---|------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|---|----------|--|--|--|-----|--|-----------------|--|
| | | | | | | | L | w ₂ | 0,11 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | |
| Critères de sélection | | | | | | | M | w ₃ | 0,13 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | Réponses | | | | | | | |
| | | | | | | | N | w ₄ | 0,39 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | | | | | | | | |
| A | | | | | | | Fonctions: Efficience & Perte de Taguchi | | | | $E_{Moy} = (1/n) \sum_{j=1, n} E_j$ $SN_R = -10 \log ((1/n) \sum_{j=1, n} 1/E_j^2) + STD^*$ | | | | | | | | | | | | Em | | SN _R | |
| | | | | | | | B | C | D | E | | | | | | | | | | | | | | | | |
| x ₁ | | | | | | | E _j | | | | E _j | | | | | | | | | | | | Em | | SN _R | |
| | | | | | | | x ₂ | x ₃ | x ₄ | x ₅ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| .11 | | | | | | | .12 | | | | .12 | | | | | | | | | | | | .15 | | 10.1 | |
| | | | | | | | .09 | .10 | .09 | .13 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | .23 | .17 | .13 | .13 | .16 | .14 | .13 | .12 | .14 | .15 | 10.1 | | | | | | | | | |
| 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | .37 | .28 | .23 | .23 | .27 | .25 | .22 | .21 | .24 | .26 | 15.0 | | | | | | | | | |
| 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | .46 | .37 | .31 | .31 | .36 | .33 | .30 | .28 | .32 | .34 | 17.5 | | | | | | | | | |
| 4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | .53 | .44 | .37 | .37 | .43 | .40 | .36 | .34 | .39 | .40 | 19.1 | | | | | | | | | |
| 5 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | .66 | .50 | .40 | .40 | .48 | .44 | .39 | .36 | .43 | .45 | 19.9 | | | | | | | | | |
| 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | .70 | .53 | .43 | .43 | .51 | .47 | .41 | .38 | .45 | .48 | 20.4 | | | | | | | | | |
| 7 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | .19 | .16 | .13 | .13 | .15 | .14 | .13 | .12 | .14 | .15 | 10.2 | | | | | | | | | |
| 8 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 | .22 | .18 | .15 | .15 | .17 | .16 | .15 | .14 | .16 | .17 | 13.3 | | | | | | | | | |
| 9 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | .35 | .28 | .23 | .23 | .27 | .25 | .23 | .21 | .25 | .26 | 15.1 | | | | | | | | | |
| 10 | 2 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | .36 | .29 | .24 | .24 | .28 | .26 | .23 | .22 | .25 | .26 | 15.3 | | | | | | | | | |
| 11 | 2 | 3 | 3 | 4 | 1 | 2 | .42 | .33 | .28 | .27 | .32 | .30 | .27 | .25 | .29 | .30 | 16.5 | | | | | | | | | |
| 12 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1 | .42 | .39 | .28 | .28 | .33 | .30 | .27 | .26 | .30 | .31 | 16.7 | | | | | | | | | |
| 13 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 3 | .40 | .32 | .27 | .27 | .31 | .29 | .26 | .25 | .29 | .30 | 16.4 | | | | | | | | | |
| 14 | 2 | 4 | 2 | 1 | 3 | 4 | .40 | .32 | .26 | .27 | .31 | .29 | .26 | .24 | .28 | .29 | 16.2 | | | | | | | | | |
| 15 | 2 | 4 | 3 | 4 | 2 | 1 | .35 | .28 | .24 | .24 | .27 | .26 | .23 | .22 | .25 | .26 | 15.5 | | | | | | | | | |
| 16 | 2 | 4 | 4 | 3 | 1 | 2 | .35 | .28 | .23 | .23 | .27 | .25 | .22 | .21 | .24 | .25 | 15.0 | | | | | | | | | |
| 17 | 3 | 1 | 1 | 4 | 1 | 4 | .40 | .32 | .26 | .26 | .31 | .29 | .26 | .24 | .28 | .29 | 16.2 | | | | | | | | | |
| 18 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | .38 | .30 | .25 | .25 | .29 | .27 | .24 | .23 | .26 | .28 | 15.7 | | | | | | | | | |
| 19 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | .42 | .33 | .27 | .27 | .32 | .30 | .27 | .25 | .29 | .30 | 16.5 | | | | | | | | | |
| 20 | 3 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | .39 | .32 | .26 | .26 | .31 | .28 | .25 | .24 | .28 | .29 | 16.1 | | | | | | | | | |
| 21 | 3 | 2 | 1 | 4 | 2 | 3 | .40 | .32 | .27 | .26 | .31 | .29 | .26 | .24 | .28 | .29 | 16.2 | | | | | | | | | |
| 22 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 4 | .41 | .33 | .27 | .27 | .32 | .30 | .26 | .25 | .29 | .30 | 16.4 | | | | | | | | | |
| 23 | 3 | 2 | 3 | 2 | 4 | 1 | .36 | .29 | .24 | .24 | .28 | .26 | .23 | .22 | .25 | .26 | 15.3 | | | | | | | | | |
| 24 | 3 | 2 | 4 | 1 | 3 | 2 | .37 | .30 | .25 | .25 | .29 | .27 | .24 | .23 | .26 | .27 | 15.6 | | | | | | | | | |
| 25 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | .49 | .39 | .32 | .32 | .38 | .35 | .31 | .29 | .34 | .35 | 17.9 | | | | | | | | | |
| 26 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | .28 | .23 | .20 | .19 | .22 | .21 | .19 | .18 | .20 | .21 | 13.5 | | | | | | | | | |
| 27 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | .48 | .38 | .31 | .31 | .37 | .34 | .30 | .28 | .33 | .34 | 17.6 | | | | | | | | | |
| 28 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 | 4 | .27 | .22 | .19 | .18 | .21 | .20 | .18 | .17 | .19 | .20 | 13.1 | | | | | | | | | |
| 29 | 3 | 4 | 1 | 3 | 4 | 2 | .36 | .28 | .25 | .25 | .28 | .28 | .25 | .23 | .27 | .27 | 15.6 | | | | | | | | | |
| 30 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 1 | .33 | .27 | .23 | .23 | .26 | .25 | .22 | .21 | .24 | .25 | 14.9 | | | | | | | | | |
| 31 | 3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 4 | .38 | .31 | .26 | .26 | .30 | .28 | .25 | .24 | .27 | .28 | 16.0 | | | | | | | | | |
| 32 | 3 | 4 | 4 | 2 | 1 | 3 | .36 | .29 | .24 | .24 | .28 | .26 | .24 | .22 | .26 | .27 | 15.4 | | | | | | | | | |
| Op | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | .70 | .55 | .45 | .45 | .53 | .49 | .43 | .41 | .47 | .50 | 15.4 | | | | | | | | | |
| P 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | .39 | .31 | .26 | .26 | .30 | .28 | .26 | .24 | .28 | .29 | 10.7 | | | | | | | | | |
| P 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | .39 | .31 | .26 | .26 | .30 | .28 | .25 | .23 | .27 | .28 | 10.5 | | | | | | | | | |
| P 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | .37 | .30 | .25 | .25 | .29 | .27 | .24 | .23 | .26 | .27 | 10.2 | | | | | | | | | |
| P 4 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | .46 | .36 | .30 | .30 | .35 | .32 | .29 | .27 | .31 | .33 | 11.8 | | | | | | | | | |
| P 5 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 | .51 | .39 | .32 | .32 | .38 | .35 | .31 | .29 | .34 | .36 | 12.5 | | | | | | | | | |
| P 6 | 2 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | .54 | .42 | .34 | .34 | .40 | .37 | .33 | .31 | .36 | .38 | 13.0 | | | | | | | | | |
| P 7 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | .54 | .42 | .34 | .34 | .40 | .37 | .33 | .31 | .36 | .38 | 13.1 | | | | | | | | | |
| P 8 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | .31 | .25 | .21 | .21 | .24 | .23 | .21 | .20 | .22 | .23 | 08.8 | | | | | | | | | |
| P 9 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | .19 | .16 | .13 | .13 | .15 | .14 | .13 | .12 | .14 | .14 | 04.6 | | | | | | | | | |

*STD terme Standard, pour les 32 essais $STD = 10 \log (\sum_{j=1, 32} E_{Moy j}) = 27, 007$ décibels; En ajoutant l'optimal de Taguchi Op et les 9 3PL candidats dans le plan d'expérience $STD = 21.484$ décibels);

5. CONCLUSION

Le 3PL joue un rôle important dans l'augmentation des valeurs tangibles et intangibles de son client. Il dispose d'un potentiel d'agir comme médiateur entre l'amont et l'aval d'une chaîne logistique, pour faciliter la mise en œuvre des pratiques sociales et

environnementales. L'intégration des 3PL dans une chaîne logistique étant une décision stratégique, le mauvais choix aussi bien de l'activité logistique à externaliser que la sélection inadéquate du 3PL aurait des répercussions non désirables pour l'entreprise focale.

Ce document rattrape les principaux défauts des approches de sélection actuelles, notamment 1) la pertinence des critères de sélection dans le contexte des chaînes logistiques durables, 2) leur paramétrage consistant avec les exigences spécifiques de l'entreprise, 3) la robustesse face aux risques inhérents à tout environnement d'affaires, ainsi que 4) la considération de la limitation des ressources budgétaires de l'entreprise focale, lors du processus de sélection des 3PL. Nous avons suggéré une approche systématique qui consiste en deux méthodologies combinées; Le QFD-Fuzzy AHP, pour identifier, classer, et paramétrer les facteurs ayant un impact sur l'efficacité et la robustesse du processus logistique à externaliser; et la méthodologie de conception robuste de Taguchi, pour trouver le niveau optimal des critères de sélection, pas nécessairement les plus élevés. Tous les 3PL candidats à la sélection peuvent être comparés à l'optimum de Taguchi, et le vainqueur sera le candidat le plus proche cet optimum. L'écart constaté par rapport à l'optimum de Taguchi exprime un problème d'efficacité (performances rapportées aux ressources), et doit faire objet d'action corrective. Un exemple illustratif de l'externalisation de logistique inverse a été exécuté sur un fichier Excel, pour démontrer simplement l'applicabilité de l'approche.

La principale contribution de cet article est le transfert de la technique de conception robuste de Taguchi; habituellement utilisée dans la conception des produits et l'optimisation des procédés industriels, à l'optimisation des processus de service, comme la logistique.

Quelques limitations sont identifiées, lesquelles doivent être encore affinées pour améliorer la validité de l'approche proposée.

6. RÉFÉRENCES

- Aguezzoul A., 2014. Third Party Logistics Selection Problem: A literature review on criteria & methods. *Omega*, 49, pp: 69-78.
- Akao, Y., 1990. Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design. Productivity Press, Cambridge, MA.
- Anderson E. J., Coltman T., Devinney T. M., & Keating B., 2011. What Drives The Choice of a Third-Party Logistics Provider? *Journal of Supply Chain Management*. Vol. 47, No. 2, pp. 97-115.
- Anderson J. C. & Narus J.A., 1998. Business Marketing: Understanding What Customers Value. *Harvard Business Review*.76 (11/12), pp. 53-65.
- Andersson D., 1995. Logistics Alliances and Structural Change. Linköping University, Linköping Studies in Science and Technology, Thesis No. 470.
- Caplice C. & Sheffi Y., 1994. A review and evaluation of logistics metrics. *The International Journal of Logistics Management*, Vol.5, No2, pp.11-28.
- Chai J., Liu J.N.K., & Ngai E.W.T., 2013. Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of

Premièrement, la détermination précise des magnitudes de critères de sélection et de facteurs de risque n'est pas bien précise. Bien que les niveaux proposés dans cet article sont inspirés d'études récentes, ils restent à titre indicatif, et qu'il sera souhaitable de mener plus d'études empiriques par type d'industrie, pour plus de précision. Deuxièmement, en général, les critères impliqués dans un contexte de développement durable sont très interdépendants, et leurs interdépendances doivent être captées par le plan orthogonal de Taguchi. Cependant, l'ajout de colonnes supplémentaires multipliera le nombre d'essais, et rendra les calculs plus compliqués. Troisièmement, contrairement à un procédé industriel, l'efficacité d'un processus de service comme la logistique reste très difficile à mesurer avec précision; L'efficacité telle que définie; comme une fonction rationnelle, peut contenir certaines inexactitudes générées aussi bien par la combinaison linéaires des facteurs, que par l'attribution des nombres entiers de 1 à 4 aux magnitudes des facteurs. Enfin, avant d'entreprendre le processus de sélection du 3PL, l'hypothèse que la logistique à externaliser doit-être financièrement et stratégiquement justifiée importe d'être corroborée. Cela conduit à distinguer dans la chaîne logistique durable les activités logistiques à externaliser de celles à garder en interne; c'est-à-dire déterminer une configuration optimale globale, et robuste qui intègre les 3PL, tout en tenant compte 1) des objectifs multiples de l'entreprise focale, 2) du contexte incertain d'affaires, et 3) l'effet de la politique de changement climatique en vigueur. Telle est la question qui préoccupe présentement notre groupe de recherche, et à laquelle on donnera la réponse dans les juste prochains papiers.

- literature. *Expert Systems with Applications*, Vol. 40, pp. 3872–3885
- Chang, C. T. 2008. Revised multi-choice goal programming. *Applied Mathematical Modelling*. 32. pp. 2587–2595.
- Coltman, T., Devinney T.M. & Keating B., 2011. Best-Worst Scaling Approach to Predict Customer Choice for 3PL Services. *Journal Business Logistics*. 32 (2), pp. 139.
- Efendigil T., Önüt S., Kongar E., 2008. A holistic approach for selecting a third-party reverse logistics provider in the presence of vagueness. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 54, No. 2, pp. 269-287.
- Evangelistia, P., Hüge-Brodin, M., Isaksson, K., Sweeney, E., 2011. The Impact of 3PL's Green Initiatives on the Purchasing of Transport and Logistics Services: an Exploratory Study. *Proceedings of the 20th International Purchasing and Supply Education and Research Association (IPSERA) Conference*, Maastricht University, pp.1-15.
- Farrell M. J., 1957. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, Vol. 120, No. 3, pp. 253-290.
- Franceschini F. & Rafele C., 2000. Quality evaluation in Logistics services. *International Journal of Agile Systems*. 2/1, pp. 49-53.
- Hamdan A., Rogers K. J., 2008. Evaluating the efficiency of 3PL logistics operations. *International Journal of Production Economics*, 113, pp. 235-244.
- Ho W., Ting He T., Lee C.K.M., Emrouznejad A., 2012. Strategic logistics outsourcing: An integrated QFD and fuzzy AHP approach. *Expert Systems with Applications*, 39, pp.10841–10850.
- Ho W., Xu X. & Dey P. K., 2010. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*. 202. pp. 16-24.
- Humphreys P.K., Wong Y.K., & Chan F.T.S., 2003b. Integrating environmental criteria into the supplier selection process. *Journal of Materials Processing Technology*. 138 (1–3), pp. 349–356.
- Jayaram J. & Tan K-C., 2010. Supply chain integration with third-party logistics providers. *International Journal of Production Economics*, 125 .pp. 261-271.
- Jüttner U., 2005. Supply chain risk management: Understanding the business requirements from a practitioner perspective, *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 16. Issue: 1, pp. 120 – 141.
- Kwong C. K. & Bai H., 2004. A fuzzy AHP approach to the determination of importance weights of customer requirements in Quality Function Deployment, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 13, pp. 367- 377.
- Lee K. H & Kim J. W., 2009. Current status of CSR in the realm of supply management: The case of the Korean electronics industry. *Supply Chain Management: An International Journal*, 14/2, pp. 138-148.
- Li X. & Olorunniwo F., 2008. An exploration of Reverse Logistics Practices in three companies. *Supply Chain Management: An International Journal*. Vol. 13. No. 5, pp. 381-386.
- Lieb. K. & Lieb. R., 2010. Environmental sustainability in the third-party logistics (3PL) industry, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 40(7): 524-533.
- Lonsdale C., 1999. Effectively managing vertical supply relationships: A risk management model for outsourcing. *Supply Chain Management: An International Journal*. Vol. 4, No. 4, pp. 176-183.
- Nobakht N. & Roghanian E., 2013. A Fuzzy-AHP-QFD approach for achieving lean attributes for competitive advantages development, Case study: The Staam Sanat Company, *Management Science Letters*. (3) pp. 257–274.
- Ordoobadi S. 2010. Application of AHP and Taguchi loss functions in supply chain. *Industrial Management & Data Systems*. Vol. 110, No. 8, pp. 1251-1269.
- Osterwalder A., 2004. The Business Model Ontology: A proposition In a Design Science Approach, Doctoral Thesis in École des Hautes Études Commerciales. Lausanne University.
- Phadke M. S., 1989. Quality Engineering using Robust Design, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Presley A., Meade L. & Sarkis J., 2007. A strategic sustainability justification methodology for organizational decisions: A reverse logistics illustration. *International Journal of Production Research*, Vol. 45, Nos. 18-19, pp. 4595-4620.

- Rajesh R., Pugazhendhi S. & Muralidharan C., 2011. AQUA: Analytical model for evaluation and selection of Third-Party Logistics service provider in supply chain. *International Journal of Services and Operations Management*, Vol. 8, No. 1, pp. 27-45.
- Rogers D. S & Tibben-Lembke R. S., 1998. Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices. Reno Center for Logistics Management, University of Nevada, Reverse Logistics Executive Council.
- Saaty T. L., 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.
- Sarkis J., Helms M. M. & Hervani A. A., 2010. Reverse Logistics and Social Sustainability. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*. 17, pp. 337-354.
- Sarkis J. & Talluri S., 2002. A model for Strategic Supplier Selection. *Journal of Supply Chain Management*, 38(1), pp. 18-29.
- Shaik M. & Abdul-Kader W., 2011. Green supplier selection generic framework: a multi-attribute utility theory approach. *International Journal of Sustainable Engineering*. Vol. 4, No. 1, pp. 37-56
- Sink H. L., Langley C. J. & Gibson B. J., 1996. Buyer observation of US Third-party logistics Market. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 26, No. 3, pp. 38-46.
- Srivastava S. K., 2008. Network design for reverse logistics. *Omega: The international Journal of Management Science*. Vol. 36, pp. 535-548.
- Stank T. P., Keller S.B & Closs D. J., 2001. Performance Benefits of Supply Chain Logistical Integration. *Transportation Journal*. 41, (2/3), pp. 32-47.
- Taguchi G, Chowdhury S, Taguchi S. *Robust Engineering*, 2000. Learn How to Boost Quality While Reducing Costs and Time to Market. McGraw-Hill: New York,
- Wittstruck D. & Teuteberg F., 2011. Towards a holistic approach for Sustainable Partner Selection in the Electrics and Electronics Industry. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Vol. 366, pp. 45-69.
- Wolf, C., Seuring, S., 2010. Environmental impacts as buying criteria for third party logistical services, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40(1): 84-102.
- Wong, W. H., Leung, L. C., & Hui, Y. V., 2009. Airfreight forwarder shipment planning: A mixed 0-1 model and managerial issues in the integration and consolidation of shipments. *European Journal of Operational Research*, 193 (1), pp. 86-97.
- Wu, D., 2009a. Supplier selection: A hybrid model using DEA, decision tree and neural network. *Expert Systems with Applications*, 36(5), pp. 9105-9112.
- Wu, T., & Blackhurst, J., 2009. Supplier evaluation and selection: An augmented DEA approach. *International Journal of Production Research*, 47(16), pp. 4593-4608.
- Wu H-J. & Dunn S. C., 1995. Environmentally responsible logistics systems. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 25. Issue: 2, pp.20 - 38
- Wysk R., Niebel B. W., Cohen P. H., & Simpson T. W., 2000. Manufacturing Processes: Integrated Product and Process Design. McGraw Hill, New York.
- Zadeh L. A., 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, pp. 338-35.