

Un modèle de prise de décision pour la gestion de la chaîne d'approvisionnement Lean, Agile, Résilient et Green

Izunildo Cabral *, Antonio Grilo et Virgílio Cruz-Machado

Unidade de Investigaco em Engenharia Mecnica e Industrial, Faculdade de Ciencias e Tecnologia / Universidade
Nova de Lisboa, Campus da Caparica, 2829-516, Caparica Portugal

(Version finale reçue en décembre 2011)

Dans les environnements commerciaux modernes, une gestion efficace de la chaîne d'approvisionnement (SCM) est cruciale pour la continuité des activités. La concurrence entre chaînes d'approvisionnement (SC) a remplacé la concurrence traditionnelle entre entreprises. Les paradigmes Lean, Agile, Resilient and Green (LARG) sont préconisés comme le fondement d'un SCM compétitif. Pour rendre une chaîne d'approvisionnement plus compétitive, capable de répondre aux demandes des clients avec agilité et capable de répondre efficacement aux perturbations inattendues, en conjonction avec les responsabilités environnementales et la nécessité d'éliminer les processus sans valeur ajoutée, les entreprises doivent mettre en place un ensemble de LARG Pratiques SCM et indicateurs clés de performance (KPI) pour mesurer leur influence sur la performance SC. Cependant, la sélection des meilleures pratiques et KPI LARG SCM est un problème complexe, impliquant des dépendances et des retours d'expérience. Cet article propose un modèle de processus de réseau analytique (ANP) LARG intégré pour soutenir la prise de décision dans le choix des pratiques et des KPI les plus appropriés à mettre en œuvre par les entreprises dans un SC. Pour valider le modèle dans une approche exploratoire, une étude de cas dans une chaîne d'approvisionnement de constructeur automobile est présentée.

Mots clés: maigre; agile; résilient; vert; SCM; ANP

1. Introduction

Aujourd'hui, pour avoir un produit compétitif sur le marché, il est fondamental d'avoir une chaîne d'approvisionnement (SC) compétitive. Les pratiques LARG dans une entreprise ne suffisent pas à améliorer la compétitivité de SC. Il est nécessaire de mesurer l'influence de ces pratiques sur la performance du SC dans son ensemble. Une revue de la littérature trouve peu d'études proposant spécifiquement un cadre structuré pour intégrer les philosophies Lean, Agile, Resilient and Green (LARG), aucune d'entre elles ne suggérant de liens avec l'amélioration de la compétitivité SC. Cet article cherche à combler cette lacune, en développant un modèle intégré pour choisir les meilleures pratiques de gestion de la chaîne d'approvisionnement (SCM) de LARG. L'objectif principal est d'introduire un modèle de prise de décision pratique, qui peut être facilement adopté par les entreprises et SC pour améliorer leurs performances LARG.

Le document est structuré comme suit: la section 2 passe en revue les études antérieures liées aux paradigmes LARG, en se concentrant spécifiquement sur (i) les définitions, (ii) les catalyseurs (KPI et métriques) et (iii) les pratiques de gestion. La section 3 propose un modèle conceptuel ANP pour sélectionner les meilleures pratiques LARG et les KPI. L'applicabilité du modèle à travers une étude de cas dans un constructeur automobile SC est présentée dans la section 4. Les limites de l'étude et les pistes de travaux futurs sont dans la dernière section.

2. Paradigmes SCM Lean, Agile, Resilient et Green: un examen

2.1 Maigre

Des définitions différentes du paradigme Lean peuvent être trouvées dans la littérature, mais elles partagent toutes le même principe: minimisation des coûts et **limination des déchets**. Selon Womack et al. (1990), le concept Lean de base est de faire plus avec moins (par exemple moins d'effort humain, moins d'équipement, moins de temps et moins d'espace), tout en se rapprochant des exigences des clients. Essentiellement, le terme «Lean» implique une série d'activités ou de solutions pour éliminer les déchets, réduire

* Auteur correspondant. Courriels: i.cabral@campus.fct.unl.pt ; acbg@fct.unl.pt

les opérations sans valeur ajoutée (NVA) et améliorer le processus de valeur ajoutée (VA) (Wu et Wee 2009). Selon Fan et al. (2007), la production Lean est liée à une approche «inventaire zéro» et «juste à temps» (JIT) (Wu 2009).

2.2 Agile

Le concept de base de l'agilité est la flexibilité (Fan et al. 2007), répondant rapidement à l'évolution de la demande, tant en volume qu'en variété. Ce paradigme est reconnu comme une stratégie fondamentale pour la survie sur des marchés turbulents et volatils et comme la plus appropriée pour aider **les entreprises à livrer le bon produit aux clients au bon moment** (Yusuf et al. 1999, Lin et al. 2006, Agarwal et al. 2007). Les catalyseurs clés du SC Agile sont la dynamique des structures et la configuration des relations, la visibilité de bout en bout des informations et la gestion événementielle et événementielle (Baramichai et al. 2007). Un Agile SC est une intégration de partenaires commerciaux pour permettre de nouvelles compétences afin de réagir rapidement et efficacement à l'évolution des marchés, tirée par des produits et services personnalisés (Baramichai et al. 2007, Bottani, 2009) Selon Christopher (2000), la fabrication agile fonctionne bien là où la demande est moins prévisible et l'exigence de variété est élevée.

2.3 Résilient

Le paradigme résilient, contrairement au paradigme Lean, qui se concentre sur la minimisation des coûts, est essentiel quant à la capacité de surmonter les problèmes, de répondre efficacement aux perturbations inattendues. Les SC résilients ne sont peut-être pas les chaînes les moins chères, mais ils sont plus à même de faire face à l'environnement commercial incertain (Carvalho et Machado 2009). Par exemple, les entreprises qui mettent en œuvre une politique de "zéro inventaire" ne résistent pas car elles ne disposent pas d'un coussin de stock pour répondre à une pénurie inattendue de matières résultant de la turbulence ou de la volatilité des marchés (Christopher et Peck 2004). La résilience fait référence à la capacité du SC à faire face à des perturbations inattendues et concerne la capacité du système à revenir à son état d'origine ou à un nouvel état plus souhaitable, suite à un choc perturbateur (Carvalho et Machado 2009). La résilience peut être une source solide d'avantage concurrentiel mais n'est pas toujours souhaitable. Par exemple, les systèmes indiquent que la réduction de la rentabilité peut être très résistante, en fait (Al-Mashari et al. 2001).

2.4 vert

La gestion durable de la chaîne d'approvisionnement écologique (GSCM) est devenue une philosophie organisationnelle populaire pour atteindre les objectifs de profit et de part de marché des entreprises en réduisant les risques et les impacts environnementaux, tout en améliorant l'efficacité écologique **des organisations et de leurs partenaires** (Rao et Holt 2005). Selon Denf et Wang (2008), Guo et al. (2008), Li et Wang (2008) et Srivastava (2007), GSCM est un état d'esprit environnemental intégré en SCM, y compris la conception de produits verts, l'approvisionnement et la sélection de matières vertes, le marketing vert, la consommation verte, les processus de fabrication verts, la livraison verte de la finale le produit aux clients et la gestion écologique de la fin de vie du produit après la fin de sa durée de vie. Le GSCM peut réduire l'impact écologique de l'activité industrielle sans sacrifier la qualité, le coût, la fiabilité, les performances ou l'efficacité énergétique; tout en respectant les réglementations environnementales, en minimisant les dommages écologiques et en générant un profit économique global (Srivastava 2007).

2.5 Compromis LARG et caractéristiques SC

Les responsables SC développent en permanence les meilleures stratégies pour améliorer la performance de leur entité. Dans le contexte de LARG SCM, un certain nombre de pratiques sont suggérées dans la littérature (voir Azevedo et Machado 2009, Carvalho et al. 2010, Azevedo et al. 2010a, Azevedo et al. 2011). **Certaines pratiques ont un impact positif sur certains paradigmes et un impact négatif sur d'autres.** Ainsi, il est nécessaire de trouver un équilibre entre la mise en œuvre des pratiques, compte tenu de la stratégie définie par l'entreprise (ou SC). De plus, il est important de comprendre les relations entre les caractéristiques du CS et les indicateurs de performance clés (KPI). En conséquence, Carvalho et Machado (2009) ont développé un modèle pour capturer ces relations. Pour évaluer la contribution des pratiques à la performance SC, il est nécessaire d'établir les relations entre les caractéristiques SC modifiées par les paradigmes (désignées par «caractéristiques de gestion») et leurs relations avec les KPI. Ils ont pris en compte les caractéristiques de gestion suivantes: excédent de capacité, fréquence de réapprovisionnement, fréquence d'information, niveau d'intégration, niveau d'inventaire,

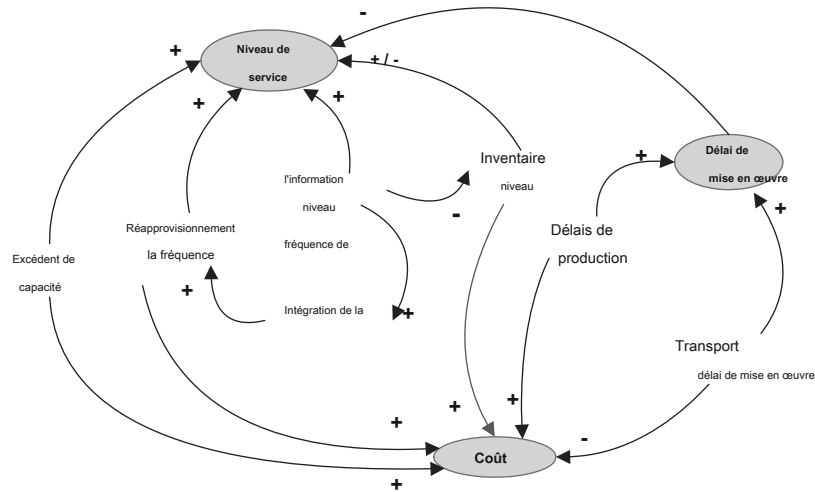


Figure 1. Relations entre les indicateurs de performance et les caractéristiques de gestion (Carvalho et Machado 2009). 4832

délai de production et délai de transport. Ces caractéristiques peuvent être modifiées pour ajuster les performances SC (Carvalho et Machado 2009). La figure 1 montre le schéma causal. Dans ce schéma causal, il est possible de visualiser comment les caractéristiques de gestion affectent les indicateurs de performance. Un lien positif indique que les deux nœuds se déplacent dans la même direction, c'est-à-dire que si le nœud dans lequel commence le lien diminue, l'autre nœud diminue également (si tout le reste reste égal). Dans le lien négatif, les nœuds changent dans des directions opposées, c'est-à-dire qu'une augmentation entraînera une diminution dans un autre nœud (si tout le reste reste égal) (Carvalho et Machado 2009).

Par exemple, si le délai de production augmente, le délai et le coût augmenteront (effet négatif). Il existe certaines relations entre les caractéristiques de gestion; par exemple, un niveau d'intégration accru réduira le niveau de l'inventaire et cet impact se reflétera principalement dans les paradigmes Lean et Résilient et / ou peut-être dans Agile et Green. L'intégration augmente la visibilité du SC, minimisant le besoin de tampons de matériaux (Carvalho et Machado

2009), réduisant l'effet coup de fouet en minimisant les fluctuations de la demande au sein du SC. Alors que le paradigme Lean nécessite un faible niveau d'inventaire pour réduire le coût d'inventer, le paradigme résilient nécessite un stock stratégique pour répondre efficacement aux perturbations inattendues le long de la chaîne. Si l'inventaire des matières critiques est maintenu à de faibles niveaux, le CS sera plus vulnérable aux événements inattendus qui affectent l'approvisionnement de ces matières (Carvalho et al. 2011). Le niveau d'inventaire affecte le paradigme Agile de deux manières: les niveaux d'inventaire augmenteront la disponibilité des matériaux permettant de répondre rapidement aux demandes inattendues. Cependant, des niveaux de stocks élevés génèrent des incertitudes (Van der Vorst et Beulens 2002), ce qui rend le CS plus vulnérable aux changements (Marley 2006). De même, la présence de niveaux de stocks élevés peut masquer les causes d'une mauvaise performance SC et générer une obsolescence des matériaux (diminution du vert) (Carvalho et al. 2011).

2.6 Identification des pratiques LARG SCM et des KPI

La mesure du rendement est cruciale pour améliorer la GCA (Wong 2009). En mesurant la performance du SC, il est possible pour une super-entité et les entités au sein du SC de comprendre dans quelle mesure le SC est LARG et l'impact des pratiques à chaque niveau, c'est-à-dire chez le fournisseur, la firme focale ou le distributeur niveau. Une super-entité peut être un agent responsable du SCM dans son ensemble, équilibrant les différents intérêts de chaque entité. Cette super-entité cherche à améliorer les performances du SC, et bien que dans la plupart des situations la super-entité ne soit pas une véritable entreprise, sa fonction globale peut certainement exister. Plusieurs études portent sur la conception et la mise en œuvre de mesures de performance dans le contexte d'un SC (Beamon 1999, Gunasekaran et al. 2001, Chan 2003, Cagnazzo et al. 2010). Pour améliorer les valeurs des KPI, un ensemble de pratiques LARG SCM a été suggéré dans la littérature (Azevedo et Machado 2009, Azevedo et al. 2010, Carvalho et al. 2010). Les pratiques peuvent être mises en œuvre à différents niveaux du SC, améliorant le niveau de service, le délai, le coût et la qualité (du produit). Toutes les pratiques contribuent à un SC avec moins de déchets (activités sans valeur ajoutée), plus réactif aux souhaits des clients, capable de surmonter les perturbations et

Tableau 1. Influence des pratiques LARG SCM sur les performances de fabrication des SC (Azevedo et al. 2011b).

Performances de la chaîne d'approvisionnement	La performance opérationnelle				Performance économique		Performance environnementale
	Inventaire les niveaux	Qualité	Satisfaction du client	Temps	Coût	Environnement Coût	Cycle cash-to-cash Déchets professionnels
Juste à temps	#	"	"	#	#		#
Relations avec les fournisseurs	#	"	"	#	#		#
Cycle / temps de configuration réduction				#	#		#
Vitesse d'amélioration réactivité aux besoins changeants du marché			"	#			#
Produire en grand ou petits lots	#		"	#			
Possibilité de changer la livraison tous les temps de la commande du fournisseur	#			#			
Développer la visibilité d'un vue claire des stocks en amont et des conditions d'approvisionnement	#	"			#		#
Réduction des délais Basé sur la demande	#		"	#			#
Réduction de la variété des matériaux employés dans la fabrication des produits	#				#	#	#
Travailler avec le produit concepteurs et fournisseurs pour réduire les impacts environnementaux		"				#	#
	7	3	5	7	5	2	4
							5

également pour réduire les impacts environnementaux (Carvalho et Machado 2009). Azevedo et al. (2011b) a développé un modèle conceptuel pour explorer les relations entre les pratiques SCM appartenant aux paradigmes LARG et les mesures de performance SC. Le modèle propose des mesures de nature opérationnelle, économique et environnementale. Le tableau 1 résume les relations entre les pratiques LARG SCM et les performances SC (macro-indicateurs).

3. LARG ANP: un modèle conceptuel proposé

Le but de cette section est de proposer un modèle conceptuel de prise de décision pour aider les gestionnaires de SC à sélectionner les meilleures pratiques LARG SCM automobiles pour améliorer les performances. L'ANP, présenté par Saaty (2001), a été choisi comme modèle de prise de décision multicritère. La méthode traditionnelle du processus de hiérarchie analytique (AHP), introduite par Saaty (1980), n'a pas été utilisée car elle néglige l'effet mutuel des différents niveaux conflictuels dans le réseau SC. L'ANP a été sélectionné en raison de sa capacité à gérer les dépendances mutuelles, les dépendances internes et les effets de rétroaction sur certains clusters qui existent pour évaluer systématiquement les pratiques LARG SCM les plus appropriées. En effet:

- (i) Les CS sont des réseaux complexes avec des relations de rétroaction et d'interdépendance entre et parmi leurs acteurs.
- (ii) Certains KPI et pratiques peuvent être utilisés par un ou plusieurs acteurs de la même manière ou de manières différentes à différents niveaux du SC.
- (iii) Certaines pratiques peuvent avoir une influence directe sur un ou plusieurs des critères facilitateurs (coût, niveau de service, plomb temps, qualité du produit).

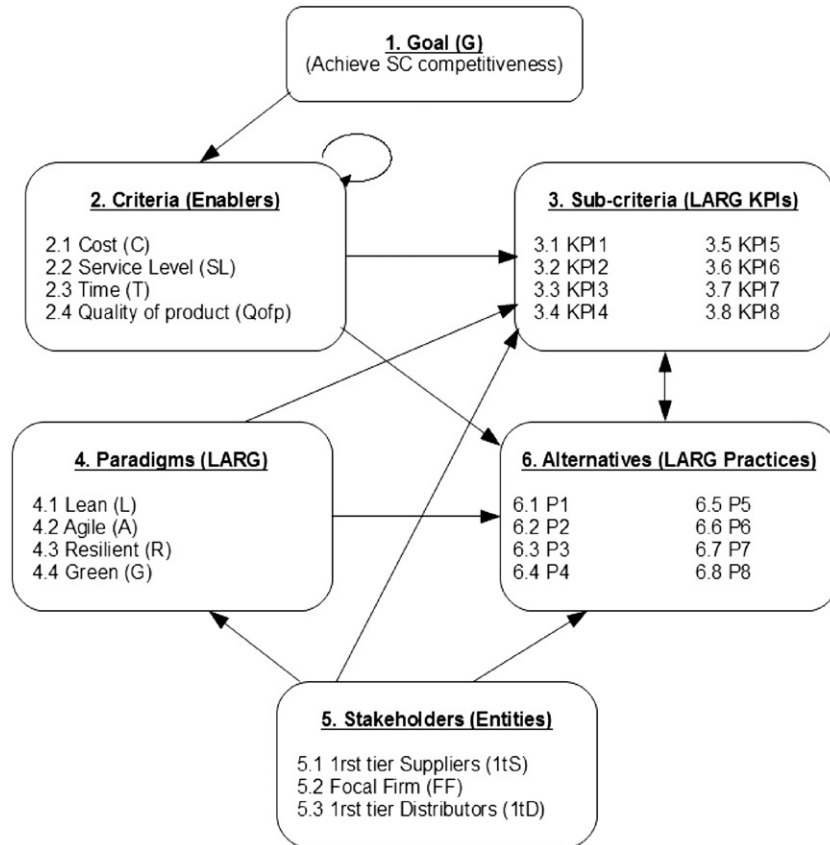


Figure 2. Modèle ANP proposé pour sélectionner les meilleures pratiques de SCM automobile LARG. 4834

- (iv) Les pratiques peuvent avoir des résultats contradictoires. Parfois, pour être plus légère, une entité doit être moins résiliente
- par exemple, si la pratique est la «réduction du niveau des stocks», l'entité sera plus légère (réduction des coûts d'inventaire) et moins résiliente (pas de stock en stock pour répondre à une éventuelle perturbation).
- (v) Il existe des boucles au sein des éléments des mêmes groupes; par exemple, dans le groupe de critères.

L'utilisation de l'ANP au lieu d'autres méthodes de prise de décision, par exemple Delphi, MAUT (théorie de l'utilité à attributs multiples), est principalement due au fait que ces méthodes ne modélisent pas la dépendance des variables et ne permettent pas d'agrèger les éléments de décision en grappes.

Dans cette recherche, le modèle LARG ANP pour hiérarchiser les meilleures pratiques LARG SCM comprend six clusters, comme le montre la figure 2. Nous avons d'abord défini l'objectif principal des meilleures pratiques LARG SCM qui répond aux exigences des décideurs. Les principaux critères et sous-critères sont également identifiés à ce stade par les décideurs. Suite à cette identification, il est important de déterminer les autres pratiques de LARG SCM qui peuvent être incluses dans le modèle ANP. Enfin, les connexions entre les clusters sont établies.

Comme le montre la figure 2, tous les clusters sont connectés par huit dépendances simples, une rétroaction et une dépendance interne.

Les principaux clusters sont définis ci-dessous:

- (1) **Objectif (compétitivité SC)** - Ce cluster ne contient qu'un seul élément, comme l'indique l'énoncé de l'objectif des pratiques LARG SCM (c'est-à-dire fait référence à l'objectif du SC). Un SC doit être compétitif pour survivre sur le marché mondial et rivaliser avec d'autres SC. (2) **Critères (facilitateurs)** - Il existe quatre principaux critères permettant d'évaluer les performances du SC qui ont été inclus en tant que nœuds de ce cluster: le coût, le niveau de service, le temps et la qualité du produit. Les éléments de ce cluster représentent les catalyseurs clés pour atteindre la compétitivité SC. Chaque facilitateur contribue à l'évaluation des performances du SC. Les connexions au groupe d'objectifs indiquent que ces quatre critères seront utilisés pour évaluer les performances du SC.

(3) **Sous-critères (KAR LARG)** - Ce cluster contient une liste de KAR potentiels LARG qui peuvent être utilisés pour mesurer les critères de chacun des facilitateurs. (4) **Paradigmes (LARG)** - Ce cluster comprend quatre paradigmes SCM: Lean, Agile, Resilient et Green. (5) **Parties prenantes (entités)** - Ce cluster représente le niveau à trois entités considéré dans cette étude, «Fournisseur», «Focal firm» et «Distributor». Il s'agit d'un cluster important, car ces agents sont au cœur du processus décisionnel. Le lien avec les pratiques / KPI résulte du fait qu'ils ont été mis en œuvre / utilisés par des entreprises contribuant à améliorer la valeur des KPI, et par conséquent les critères du facilitateur. La même pratique / KPI / paradigme peut avoir différents degrés d'importance à chaque niveau de la chaîne. La connexion avec le cluster de paradigmes indique que **chaque entité peut évaluer quel paradigme est le meilleur.** (6) **Alternatives (pratiques LARG)** - Ce cluster comprend l'ensemble des pratiques LARG SCM qui peuvent être mises en œuvre par les entités du SC. La connexion avec le cluster de critères représente l'effet de la mise en œuvre de la pratique LARG SCM sur les critères des facilitateurs.

Les flèches indiquent les relations entre les éléments d'un cluster et les éléments d'autres clusters. Dans le cluster de critères, en particulier, il existe des dépendances internes, car les éléments de ce cluster s'affectent mutuellement. Il n'est pas considéré qu'ils sont affectés par eux-mêmes. Une flèche bidirectionnelle entre les sous-critères et les alternatives indique une rétroaction entre ces deux groupes. Les KPI sont utilisés pour évaluer l'influence de la mise en œuvre des pratiques et les pratiques sont mises en œuvre pour améliorer les valeurs des KPI.

4. Étude de cas: autoeuropa VW

La validation du modèle conceptuel LARGANP proposé pour mesurer et améliorer les performances SC a été réalisée au moyen d'une étude de cas dans un SC automobile réel. L'objectif de l'étude de cas est d'explorer et de démontrer l'applicabilité du modèle dans une situation spécifique et réelle, plutôt que de parvenir à une généralisation sur l'application de la méthode ou des pratiques (Yin 2003).

4.1 Volkswagen Autoeuropa

Le groupe Volkswagen est l'un des plus grands constructeurs automobiles au monde, avec un siège mondial dans la ville de Wolfsburg, en Allemagne. Ce groupe exploite 62 usines à travers le monde et compte 370 000 personnes impliquées quotidiennement dans la production et / ou la livraison de plus de 26 600 véhicules par jour de plus de 30 modèles et marques différents. Le groupe Volkswagen vend ses produits dans plus de 150 pays et occupe une position de leader sur le marché automobile mondial.

Volkswagen Autoeuropa (Autoeuropa VW) est une entreprise manufacturière appartenant au groupe Volkswagen. Elle est située dans la région de Palmela, au Portugal, et a commencé sa production effective en 1995. Les produits de Volkswagen Autoeuropa sont: VW Sharan (1995), SEAT Alhambra (1996), VW Eos (2006), VW Scirocco (2008), VW Sharan (2010) et la nouvelle SEAT Alhambra.

La capacité installée est de 197 800 véhicules par an, fonctionnant en trois équipes par jour. VW Autoeuropa employait 3207 personnes en 2010, dont 2 000 travaillaient dans le parc industriel de Palmela. La société compte 671 fournisseurs, dont 660 européens et 11 non européens - avec la répartition géographique suivante: Portugal, Parc industriel (12); Portugal, autres lieux (67); reste de l'Europe (581); reste du monde (11).

4.2 Collecte de données pour le modèle

La première étape du développement de LARG ANP consiste à déterminer les clusters qui composent le réseau. Deux de ces grappes seront certainement des alternatives (pratiques LARG) et des sous-critères (KPI). La revue de la littérature suggère de nombreuses pratiques LARG et KPI, mais pour ces deux grappes, un maximum de neuf éléments devraient être inclus. Ces annotations particulières sont dues au fait que Saaty (2001) suggère un maximum de neuf éléments dans chaque grappe, afin de minimiser l'incohérence dans les comparaisons. Ainsi, il est nécessaire de sélectionner les principales pratiques LARG et les KPI mis en œuvre dans le SC considéré. Dans un premier temps, une identification d'une liste précédente de pratiques LARG a été **faite, sur la base de certains travaux existants (Azevedo et Machado 2009, Azevedo et al. 2010, Carvalho et al. 2010).** La sélection des pratiques LARG pour le modèle a été effectuée sur la base de la combinaison des résultats d'un exercice Delphi, mené avec des experts universitaires et professionnels et des travaux sur le terrain (Carvalho 2011,

Azevedo et al. 2011a), qui identifient les pratiques ayant un degré de mise en œuvre et de notation plus élevé. En raison des limites dans l'obtention de réponses des gestionnaires de SC, en comparant neuf pratiques et neuf KPI, il était nécessaire de simplifier et de sélectionner davantage les trois meilleures pratiques et KPI classés afin de réduire le nombre de comparaisons par paires. Par exemple, si nous avons neuf pratiques et neuf KPI, le nombre de comparaisons par paire pour chaque dépendance serait de 351. Les pratiques LARG sélectionnées sont:

- . (P1) stock stratégique;
- . (P2) systèmes de réponse rapide en cas d'urgence et de demandes spéciales;
- . (P3) réutiliser les matériaux et les emballages.

contrôle qualité 4836

Les KAR LARG sélectionnés sont:

- . (KPI1) coût des stocks;
- . (KPI2) taux d'exécution des commandes;
- . (KPI3) réactivité aux livraisons urgentes.

La procédure de sélection de ces pratiques consiste à déterminer, en collaboration avec des professionnels de l'entreprise, quelles pratiques et KPI n'ont pas été utilisés dans la firme focale et à sélectionner les plus importantes d'entre elles (degré de mise en œuvre contre degré d'importance).

Afin d'effectuer une comparaison par paire entre les éléments / clusters et de déterminer le poids d'importance relative (RIW) de ces éléments / clusters, une équipe de professionnels du service logistique d'Autoeuropa VW (la firme focale) a été consultée. L'objectif était de profiter de leur reconnaissance pas comme leur critère principal. De même, le critère de qualité du produit a un score faible car dans cette entreprise, les processus de perception des pratiques alternatives LARG en ce qui concerne les critères et sous-critères ciblant la compétitivité des CS. Les données ont été recueillies au moyen d'entrevues semi-structurées afin de pouvoir discuter de tout doute ou malentendu sur les questions et réponses. Initialement, nous souhaitions impliquer d'autres parties prenantes (distributeurs et fournisseurs) afin d'obtenir leurs points de vue et des comparaisons par paires, mais l'accessibilité aux personnes appropriées parmi ces parties prenantes était extrêmement limitée et la tentative a donc été abandonnée.

Les données ont été collectées dans les services logistiques, car ces professionnels sont responsables de la gestion de l'ensemble du SC du point de vue de la firme focale, ce qui signifie que ce sont les personnes qui ont un aperçu non seulement de la firme focale, mais également des distributeurs et des fournisseurs.

critère a un score faible car le paramètre est principalement contrôlé par le siège de Volkswagen en Allemagne et les gens d'Autoeuropa VW ne le

4.3 Matrices de comparaison par paire entre les éléments / grappes et les poids associés

L'étape suivante consiste à effectuer des comparaisons par paires entre les clusters et les éléments. Les matrices de comparaison par paire sont établies en fonction des réponses des décideurs en utilisant l'échelle fondamentale de Saaty (Saaty 2001a). L'échelle linguistique est utilisée pour comparer deux éléments. La question qui explore les comparaisons par paires est: En ce qui concerne un facteur spécifique, lequel d'une paire de facteurs est le plus important? Après cette question, il est nécessaire d'évaluer le degré d'importance du facteur. Par exemple, en ce qui concerne la compétitivité SC, qui est le plus important, le coût ou le niveau de service? À quoi degré le critère le plus important est-il plus important que le critère le moins important? Des comparaisons par paires sont effectuées pour tous les facteurs qui ont un impact sur d'autres facteurs au sein de leur propre cluster ou d'autres clusters du réseau LARG. Ainsi, les facteurs d'un cluster sont comparés en fonction de leur influence sur un facteur d'un autre cluster auquel ils sont connectés, par exemple, le facteur «Qualité du produit» est comparé en fonction de son impact avec un temps de livraison (CR) et de la sécurité. Le coût du interdépendances dans le réseau LARG, des comparaisons par paire entre tous les facteurs qui influencent les autres sont effectuées et ces relations sont évaluées. Tous les calculs dans le modèle LARG ANP ont été effectués à l'aide du logiciel Super Decision.

La comparaison par paire de clusters est effectuée chaque fois que plusieurs clusters influencent un cluster donné. Dans le modèle LARG ANP, cette situation se produit avec trois groupes: critères, paradigmes et parties prenantes. Le tableau 2 présente les informations globales des comparaisons par paire d'éléments.

La première comparaison par paire se fait entre les «critères» et les «objectifs» des grappes. Le tableau 3 montre les priorités relatives pour la matrice de comparaison par paire de critères par rapport à l'objectif.

Comme le montre le tableau 3, le critère «Temps» obtient le score le plus élevé (0,434) pour atteindre la compétitivité SC, suivi du critère «Niveau de

PairwComp (PWC) de	Par rapport à	Matrices PWC	Total PWC	Exemple PWC
1. Éléments des critères	Objectif	1	4 (4 1) / 2 ¼ 6	En ce qui concerne la compétitivité SC, combien plus important est le coût par rapport au niveau de service?
2. Éléments des critères	Critères	4	4 * [3 (3 1)] ¼ 12	En ce qui concerne le coût, combien plus le niveau de service est-il important par rapport à la qualité du produit?
3. Éléments des sous-critères	Critères	4	4 * [3 (3 1) / 2] ¼ 12	En ce qui concerne le coût, combien plus est important le coût des stocks pour mesurer le coût par rapport à la réactivité aux livraisons urgentes?
4. Éléments de sous-critères	Paradigmes	4	4 * [3 (3 1) / 2] ¼ 12	En ce qui concerne le paradigme Lean, comment beaucoup plus important est KPI1 par rapport à KPI2?
5. Éléments des sous-critères	Les parties prenantes	3	3 * [3 (3 1) / 2] ¼ 9	En ce qui concerne les fournisseurs, combien plus important est KPI1 par rapport à KPI3?
qualité du produit. Tableau 2. Information globale des éléments par comparaison par paires.				
6. Éléments des sous-critères	Pratiques LARG	3	3 * [3 (3 1) / 2] ¼ 9	Pour mesurer l'influence de la mise en œuvre de P1, combien plus important est KPI1 par rapport à KPI2?
7. Éléments de paradigmes	Les parties prenantes	3	3 * [4 (4 1) / 2] ¼ 18	En ce qui concerne l'entreprise focale, combien plus important est le lean par rapport à l'agile?
8. Éléments pratiques	Critères	4	4 * [3 (3 1) / 2] ¼ 12	Pour améliorer le coût, combien plus important est P1 par rapport à P2?
9. Éléments pratiques	Sous-critères	3	3 * [3 (3 1) / 2] ¼ 9	Pour améliorer la valeur KPI1, comment beaucoup plus important est P1 par rapport à P3?
10. Éléments pratiques	Paradigmes	4	4 * [3 (3 1) / 2] ¼ 12	En ce qui concerne le paradigme résilient, combien plus important est P2 par rapport à P3?
11. Éléments pratiques	Les parties prenantes	3	3 * [3 (3 1) / 2] ¼ 9	En ce qui concerne les distributeurs, comment beaucoup plus important est P1 par rapport à P3?

Total. Le tableau 4 résume le classement des priorités pour la comparaison des KPI en ce qui concerne respectivement le coût, le niveau de service, le temps et la

Remarque: PWC, comparaison par paire.

Tableau 3. Matrice de comparaison par paire de critères normalisés par rapport à l'objectif.

Objectif	(C)	(SL)	(T)	(QofP)	Poids relatifs
Coût (C)	0,050	0,063	0,055	0,016	0,046
Niveau de service (SL)	0,350	0,438	0,441	0,459	0,422
Temps (T)	0,400	0,438	0,441	0,459	0,434
Qualité du produit (QofP)	0,200	0,063	0,063	0,066	0,098
Somme	1	1	1	1	1

sont standard, assurant une bonne qualité de produit. Une autre raison est que, les données ont été collectées dans le département de la logistique, et ils sont plus soucieux de sécuriser les marchandises au bon endroit, au bon moment et à faible coût.

En comparant les trois sous-critères (KPI) en fonction de chaque critère, on a demandé aux répondants quel KPI est le plus approprié pour mesurer un critère

Coût (C)		Niveau de service (SL)		Temps (T)		Qualité du produit (QoFP)	
Classement	Priorités	Classement	Priorités	Classement	Priorités	Classement	Priorités
OFR	0,487	RUD	0,646	RUD	0,689	NC	0,000
RDU	0,435	OFR	0,290	OFR	0,244	NC	0,000
IC	0,078	IC	0,064	IC	0,067	NC	0,000
max	3,013	max	3,074	max	3,096	max	0,000
CR	0,0063	CR	0,064	CR	0,082	CR	0,000

Tableau 4. Planification des LARG KPI par rapport à chaque critère.

Remarque: NC, aucune comparaison.

Tableau 5. Comparaison par paire des LARG KPI par rapport à l'entreprise focale.

En ce qui concerne l'entreprise focale	IC	OFR	RUD	Priorités
Coût d'inventaire (IC)	1	1/5	1/7	0,074
Taux d'exécution des commandes (OFR)	5	1	1/3	0,283
Réactivité aux livraisons urgentes (RUD)	7	3	1	0,643

KPI «Réactivité aux livraisons urgentes» est le moins important, car les livraisons urgentes ne sont nécessaires qu'en cas de manque de stocks ou du

Remarque: max, 3,066; CR, 0,056.

Tableau 6. Classement des LARG KPI selon chaque paradigme.

Maigre (L)		Agile (A)		Résilient (R)		Vert (G)	
Classement	Priorités	Classement	Priorités	Classement	Priorités	Classement	Priorités
RUD	0,689	RUD	0,627	IC	0,455	NC	0,000
OFR	0,244	OFR	0,292	OFR	0,455	NC	0,000
IC	0,067	IC	0,081	RUD	0,091	NC	0,000
max	3,096	max	3,095	max	3,000	max	0,000
CR	0,082	CR	0,082	CR	0,000	CR	0,000

Remarque: NC, aucune comparaison.

À partir du tableau 4, nous pouvons conclure que le «taux d'exécution des commandes» et la «réactivité aux livraisons urgentes» des KPI ont un score plus élevé dans la mesure des coûts, du niveau de service et du temps. Aucun de ces trois indicateurs n'est approprié pour mesurer la qualité du produit, ils ne sont donc pas comparables.

suivi du «taux d'exécution des commandes». Le «coût des stocks» n'est pas important dans le paradigme Lean car là, nous devrions avoir zéro

La matrice de comparaison par paire suivante compare les sous-critères de cluster (KPI) par rapport à chaque partie prenante (entités). Ici, l'objectif est de trouver quel KPI est plus ou moins important pour chaque entité. Le tableau 5 montre les résultats de la matrice de comparaison par paire pour les sous-critères (KPI) par rapport à l'entreprise focale.

En analysant les résultats de cette matrice, le KPI le plus important dans la perspective de la firme focale est «Réactivité aux livraisons urgentes», avec un score de 0,643. Le «coût des stocks» continue d'avoir un score faible (0,074) parce que la firme focale ne fait pas fonctionner le stock, mais plutôt sur une base juste à temps (JIT).

La prochaine comparaison par paire se fait entre les sous-critères des grappes et les paradigmes. Ici, l'objectif est d'évaluer quel KPI est le plus approprié dans chaque paradigme. Le tableau 6 résume les priorités de la comparaison par paire entre ces deux grappes.

En examinant les résultats, nous concluons que la «réactivité aux livraisons urgentes» est le KPI le plus important pour les paradigmes Lean et Agile,

Tableau 7. Classement des LARG KPI par rapport à chaque pratique.

Stock stratégique		SRR		RMP	
Priorités de classement		Priorités de classement		Priorités de classement	
IC	0,455	RUD	0,778	IC	0,778
OFR	0,455	OFR	0,111	OFR	0,111
RUD	0,091	IC	0,111	RUD	0,111
max	3,000	max	3,000	max	3,000
CR	0,000	CR	0,000	CR	0,000

Tableau 8. LARG pratique la comparaison par paire par rapport à l'entreprise focale.

En ce qui concerne l'entreprise focale	SS	SRR	RMP	Poids relatifs
Stock stratégique (SS)	1	1/3	5	0,283
Système de réponse rapide cas d'urgence (SRR)	3	1	7	0,643
Réutiliser les matériaux et packages (RMP)	1/5	1/7	1	0,074

Remarque: max, 3,066; CR, 0,056.

Tableau 9. Classement des pratiques LARG par rapport à chaque KPI.

IC		OFR		RUD	
Classement	Priorités	Classement	Priorités	Classement	Priorités
SS	0,455	NC	0,000	SRR	0,633
RMP	0,455	NC	0,000	SS	0,260
SRR	0,091	NC	0,000	RMP	0,106
max	3,000	max	0,000	max	3,039
CR	0,000	CR	0,000	CR	0,033

Remarque: NC, aucune comparaison.

la commande n'est pas exécutée. Notez qu'il n'y a pas de comparaison concernant le paradigme vert. Cela est dû au fait qu'aucun de ces indicateurs ne convient dans le paradigme vert.

Pour compléter la comparaison par paire du cluster de sous-critères, il est nécessaire de comparer ce cluster au cluster de pratiques LARG. Le tableau 7 montre les priorités de la comparaison par paire entre ces deux grappes.

En analysant le tableau 7, nous pouvons conclure que le "coût des stocks" est le KPI le plus approprié pour mesurer l'influence des pratiques "Stock stratégique" et "Réutiliser les matériaux et les colis" avec des scores de 0,455 et 0,778, respectivement. Au contraire, c'est le moins important pour «Système de réponse rapide en cas d'urgence et de demandes spéciales» avec un score (0,111). Le meilleur indicateur de performance clé pour mesurer l'influence de cette pratique est la «réactivité aux livraisons urgentes», note 0,778.

Le cluster des pratiques LARG (Alternatives) est influencé par la partie prenante du cluster, ce qui rend nécessaire une comparaison par paires entre les alternatives (pratiques LARG) par rapport à chaque entité. Le tableau 8 montre les résultats de la comparaison par paire.

Selon les réponses de l'expert de l'entité de la firme focale, la pratique la plus importante pour la firme focale est «Système de réponse rapide en cas d'urgence et de demandes particulières», avec un score de 0,643. Même si la firme focale ne travaille pas avec les stocks, un stock stratégique est néanmoins nécessaire pour répondre aux chocs perturbateurs inattendus. Par conséquent, le «stock stratégique» est la deuxième pratique la plus importante pour l'entreprise focale, avec un score de 0,283.

Ensuite, la comparaison par paire se fait entre les pratiques du cluster LARG et les sous-critères (LARG KPI). Il s'agit d'une relation particulière, car il y a un retour entre ces deux clusters. Ainsi, la comparaison par paire doit être effectuée dans les deux sens. La première étape consiste à effectuer la comparaison par paires entre les trois pratiques en ce qui concerne chaque KPI. Le tableau 9 montre le classement de ces comparaisons par paires. Une comparaison par paire entre les trois KPI pour chaque pratique est présentée.

Les pratiques les plus importantes pour améliorer le «coût des stocks» sont le «stock stratégique» et la «réutilisation du matériel et des emballages» (tous deux avec un score de 0,455). Aucune des pratiques n'est appropriée pour améliorer le «taux d'exécution des commandes», il n'y a donc pas de comparaison. Pour améliorer la «réactivité aux livraisons urgentes», la pratique la plus importante est le «système de réponse rapide» (score 0,633), suivi du «stock stratégique» (score 0,260).

Des comparaisons par paires entre les «critères» et les «pratiques LARG» des clusters sont ensuite effectuées. Le cluster de critères est influencé par l'autre cluster entier (pratiques LARG), ce qui signifie que les pratiques alternatives sont comparées par rapport à tous les éléments des critères. Le tableau 10 illustre les priorités de ces comparaisons par paires.

Coût (C)		Niveau de service (SL)		Temps (T)		Qualité du produit (QofP)	
Classement	Priorités	Classement	Priorités	Classement	Priorités	Classement	Priorités
SS	0,665	SRR	0,739	SS	0,723	SRR	0,777
SRR	0,231	SS	0,179	SRR	0,206	RMP	0,155
RMP	0,104	RMP	0,082	RMP	0,070	SS	0,069
max	3.087	max	3.102	max	3.096	max	3.082
CR	0,075	CR	0,088	CR	0,083	CR	0,071

influence le tableau 10. LARG pratique le classement par rapport à chaque critère.

Tableau 11. Classement des pratiques LARG par rapport à chaque paradigme.

Maigre (L)		Agile (A)		Résilient (R)		Vert (G)	
Classement	Priorités	Classement	Priorités	Classement	Priorités	Classement	Priorités
SRR	0,739	SRR	0,487	SS	0,689	RMP	0,818
SS	0,179	SS	0,435	SRR	0,244	SS	0,091
RMP	0,067	RMP	0,076	RMP	0,076	RMP	0,076
max	3.012	max	3.013	max	3.096	max	3.000
CR	0,088	CR	0,011	CR	0,082	CR	0,000

Pour améliorer les coûts et le temps, la meilleure pratique est le «stock stratégique» (score de 0,665), suivi du «système de réponse rapide» (0,231). Si l'entreprise dispose d'un stock stratégique, elle répondra à la demande des clients en moins de temps et à moindre coût. En ce qui concerne le niveau de service et la qualité du produit, la pratique la plus appropriée est le «système de réponse rapide» avec des scores de 0,739 et 0,777, respectivement.

La prochaine comparaison par paires est entre les «paradigmes» des clusters et les «pratiques LARG». Les priorités de ces comparaisons sont présentées dans le tableau 11. Au niveau du service, le critère le plus important est la «qualité du produit» (0,467), suivi du «coût» (0,467) et du «temps» (0,067), ce qui signifie qu'un client sera plus satisfait si le produit a la qualité souhaitée et est livré à temps. En regardant le temps, le critère qui

La pratique «Système de réponse rapide» (score 0,739) est plus maigre que «Stock stratégique» (score 0,179) et «Réutilisation des matériaux et des packages (0,082)». Notez que le «stock stratégique» est le deuxième, uniquement parce qu'il est «stratégique». Le «stock stratégique» peut permettre de minimiser davantage les coûts que la «réutilisation des matériaux et des emballages». Dans le paradigme Agile, la pratique la plus importante est également «Système de réponse rapide» avec un score de 0,487. Il s'agit clairement d'une pratique Agile. Le «stock stratégique» a un bon score (0,435) par rapport au «système de réponse rapide», ce qui signifie que si une entreprise dispose d'un stock, elle sera en mesure de répondre plus rapidement aux changements de la demande. Dans le paradigme résilient, la pratique la plus importante est clairement le «stock stratégique» (score de 0,689). Le paradigme résilient nécessite un niveau d'inventaire élevé afin de répondre aux chocs perturbateurs inattendus. Dans ce paradigme, le «Système de réponse rapide» (0,244) est plus important que «Réutiliser les matériaux et les emballages» (0,076). Enfin, dans le paradigme vert, la «réutilisation des matériaux et des emballages» est la pratique considérée comme la plus importante, avec un score de 0,818. produit augmente, le coût augmentera également. Par conséquent, si un client n'est pas satisfait ou si le fournisseur ne livre pas à temps, cela peut

Ensuite, la comparaison par paire se fait entre les clusters «Paradigmes» et «Parties prenantes». Les résultats de la comparaison par paire entre ces deux grappes sont présentés dans le tableau 12.

Selon les réponses de l'expert, le paradigme le plus important dans l'entité de l'entreprise focale est Agile, avec un score très élevé par rapport aux autres paradigmes (0,606). Lean et Resilient ont été considérés comme d'égale importance (0,171). Le paradigme le moins important dans l'entreprise focale est le vert (0,051).

Il existe des dépendances internes dans le cluster «Critères», ce qui signifie que nous devons effectuer une comparaison par paire entre les éléments de ce cluster par rapport à chacun de ses éléments. Le tableau 13 résume les résultats de la comparaison par paires des dépendances internes dans le cluster de critères.

Le critère qui influence le plus le coût est la «qualité du produit» (0,746), suivie du «niveau de service» (0,134) et du «temps» (0,134). Si la qualité du

Tableau 12. Comparaison par paires des paradigmes LARG par rapport à l'entreprise focale.

Focal firm	(L)	(UNE)	(R)	(G)	Poids relatifs
Maigre (L)	1	1/5	1	5	0,171
Agile (A)	5	1	5	7	0,606
Résilient (R)	1	1/5	1.0	5	0,171
Vert (G)	1/5	1/7	1/5	1	0,051

Remarque: max, 4.212; CR, 0,079.

Tableau 13. Classement des critères de comparaison par paire pour chaque critère.

Coût (C)		Niveau de service (SL)		Temps (T)		Qualité du produit (QofP)	
Classement	Priorités	Classement	Priorités	Classement	Priorités	Classement	Priorités
QofP	0,746	QofP	0,467	SL	0,739	SL	0,633
SL	0,134	C	0,467	C	0,179	T	0,260
T	0,134	T	0,067	QofP	0,082	C	0,106
max	3.013	max	3.000	max	3.102	max	3.039
CR	0,011	CR	0,000	CR	0,088	CR	0,033

Tableau 14. Matrice de cluster.

Étiquettes de nœud de cluster	1. Objectif (G)	2. Critères (C)	3. Sous-critères	4. Paradigmes (LARG)	5. Parties prenantes (entités)	6. Pratiques LARG
1. Objectif (G)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2. Critères (C)	1,000000	0,188406	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
3. Sous-critères	0.000000	0,080975	0.000000	0,125033	0,333333	1,000000
4. Paradigmes (LARG)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0,333333	0.000000
5. Parties prenantes (entités)	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
6. Pratiques LARG	0.000000	0,730619	1,000000	0,874967	0,333333	0.000000

c'est le «niveau de service» (0,739), suivi par le «coût» (0,179) et la «qualité du produit» (0,082). Dans la qualité du produit, le critère le plus important est le «niveau de service» (0,633), suivi du «temps» (0,260) et du «coût» (0,106).

Après avoir effectué toutes les comparaisons par paires dans le modèle, nous avons fait des comparaisons entre les grappes qui influencent une grappe donnée afin d'établir les poids dans une matrice de grappe, en cherchant à calculer les priorités de pondération de leur impact sur chaque grappe. Les poids dérivés de ce processus seront utilisés pour pondérer les éléments dans les blocs de colonnes correspondants de la supermatrice correspondant aux critères de contrôle. Les comparaisons par paires de grappes montrent combien les grappes sont influencées les unes par les autres. Le processus est le même que lorsque les éléments ont été comparés. Chaque fois qu'il y a plus d'un cluster qui influence un cluster donné, une comparaison par paire est nécessaire. Si nous n'effectuons pas cette comparaison par paires, nous supposons que tous les clusters ont le même poids.

4.4 Formulation et analyse Supermatrice

Les valeurs obtenues à partir de comparaisons par paires sont utilisées pour développer la structure supermatrice. Cette matrice montre un vecteur de priorité local dérivé des comparaisons appariées qui représentent l'impact d'un ensemble donné d'éléments au sein d'un composant sur un autre élément du système (Saaty 2004). La supermatrice représente l'influence d'un élément (à gauche de la matrice) sur un autre élément en haut de la matrice. Cette matrice montre l'interdépendance et l'importance relative de chaque élément précédemment défini.

Tableau 15. Priorités expérimentales pour le modèle LARG ANP.

Incohérence	Nœud	Priorités expérimentales
Aucune icône	1.1 Compétitivité SC (SCC)	0,000000
Aucune icône	2.1 Coût (C)	0,010163
Aucune icône	2.2 Niveau de service (SL)	0,039676
Aucune icône	2.3 Temps (T)	0,028973
Aucune icône	2.4 Qualité du produit (QoffP)	0,018611
Aucune icône	3.1 Coût d'inventaire (IC)	0,097194
Aucune icône	3.2 Taux d'exécution des commandes (OFR)	0,070263
Aucune icône	3.3 Réactivité aux livraisons urgentes (RUD)	0,100545
Aucune icône	4.1 Maigre (L)	0,012323
Aucune icône	4.2 Agile (A)	0,020756
Aucune icône	4.3 Résilient (R)	0,012323
Aucune icône	4.4 Vert (G)	0,010153
Aucune icône	5.1 Fournisseurs de 1er niveau (11S)	0,000000
Aucune icône	5.2 Entreprise focale (FF)	0,000000
Aucune icône	5.3 Distributeurs de 1er niveau (1tD)	0,000000
Aucune icône	6.1 Stock stratégique (SS)	0,210247
Aucune icône	6.2 Système de réponse rapide (SRR)	0,238976
Aucune icône	6.3 Réutiliser les matériaux et les emballages (RMP)	0,129796

Une fois la supermatrice limite atteinte, la dernière tâche consiste à classer les éléments du modèle LARG ANP en fonction de ses priorités. À la suite du modèle, le tableau 15 résume le score final pour chaque élément considéré. Comme on peut le voir, il n'y a pas d'incohérences, ce qui signifie que toutes les comparaisons par paires sont cohérentes.

4.5 Discussion des résultats du modèle LARG ANP

Le tableau 15 montre que dans l'étude de cas d'Autoeuropa VW, le critère le plus important pour atteindre la compétitivité SC est le niveau de service, suivi du temps, de la qualité du produit et enfin du coût. Cela signifie que sur le marché d'Autoeuropa VW, c'est la base de clients qui définit la continuité des processus commerciaux SC. Le besoin des clients est le facteur le plus important, et ces besoins doivent être satisfaits. De plus, si les clients sont entièrement satisfaits, cela peut signifier que le coût, le temps et la qualité du produit sont comme souhaité. Dans le cluster de sous-critères (LARG KPI), l'indicateur le plus important est la réactivité aux livraisons urgentes, suivi des taux d'inventaire, de coût et d'exécution des commandes. La réactivité aux livraisons urgentes est un indicateur important dans l'entreprise focale car il existe de nombreux cas de difficultés et de demandes exceptionnelles. Bien que la firme focale travaille dans JIT,

En ce qui concerne les paradigmes, le plus approprié est Agile (0,020756), suivi de Lean et Resilient (chacun avec le même score de 0,012323). Le vert est le paradigme le moins important (0,010153). En raison de l'évolution croissante du marché et des exigences des clients, les SC doivent être de plus en plus agiles pour gagner en compétitivité. Le paradigme Agile est associé à la rapidité de réponse aux changements de la demande, et c'est un paradigme qui est directement associé aux clients. Dans l'environnement commercial actuel, la satisfaction du client est un facteur clé. D'après les résultats du modèle, le niveau de service et les paradigmes agiles mènent le classement, chacun dans leur cluster, ce qui signifie que les résultats ont une certaine cohérence. Le paradigme Lean est important, mais il n'est pas à la première place du classement. Cela est probablement dû au fait que dans un SC avancé, comme chez Autoeuropa VW, les processus sont déjà très standardisés et il est souvent difficile de réaliser des améliorations considérables en termes de coût. Cependant, les processus qui n'ajoutent aucune valeur doivent être continuellement éliminés. Le paradigme résilient était considéré comme ayant la même importance que le Lean. Pour la même raison, c'est-à-dire en raison de la standardisation des processus SC, il est difficile de résoudre constamment les problèmes du SC. Le paradigme vert est le moins important parce que les SC et leurs entités le considèrent comme un moyen d'obtenir l'approbation des entités contrôlant les impacts environnementaux et la société et les efforts ne visent généralement guère plus que les exigences minimales. De nombreuses stratégies «vertes» que les entreprises adoptent sont en fait mises en œuvre dans le but de réduire les coûts, et non en réponse à des problèmes environnementaux ou à la législation. les processus sont déjà très standardisés et qu'il est souvent difficile de réaliser des améliorations considérables en termes de coût. Cependant, les processus qui n'ajoutent aucune valeur doivent être continuellement éliminés. Le paradigme résilient était considéré comme ayant la même importance que le Lean. Pour la même raison, c'est-à-dire en raison de la standardisation des processus SC, il est difficile de résoudre constamment les problèmes du SC. Le paradigme vert est le moins important parce que les SC et leurs entités le considèrent comme un moyen d'obtenir l'approbation des entités contrôlant les impacts environnementaux et la société et les efforts ne visent généralement guère plus que les exigences minimales. De nombreuses stratégies «vertes» que les entreprises adoptent sont en fait mises en œuvre dans le but de réduire les coûts, et non en réponse à des problèmes environnementaux ou à la législation. les processus sont déjà très standardisés et qu'il est souvent difficile de réaliser des améliorations considérables en termes de coût. Cependant, les processus qui n'ajoutent aucune valeur doivent être continuellement éliminés. Le para

Enfin, pour les pratiques LARG, le «Système de réponse rapide en cas d'urgence et de demandes particulières» a été jugé le plus important, suivi du «Stock stratégique» et «Réutiliser les matériaux et les colis». Encore une fois, il

signifie que les résultats du modèle sont cohérents, car SRR est une pratique Agile et contribue à la satisfaction du client. Le «stock stratégique» apparaît en deuxième position dans le classement des pratiques, comme dans le paradigme résilient. Cette pratique peut également être considérée comme Lean.

4.6 Avantages et limites du modèle LARG ANP

Le modèle LARG ANP développé dans cette recherche se révèle être une approche intéressante pour aider les gestionnaires dans la prise de décision concernant LARG SCM. Nous concluons qu'il s'agit d'un modèle dynamique et flexible, car il permet aux praticiens de relier différents facteurs en même temps et de sélectionner le facteur souhaité en fonction d'autres facteurs, comme illustré dans l'étude de cas d'Autoeuropa VW. Le modèle est flexible car il permet une certaine adaptation au niveau du cluster et des éléments, par exemple en supprimant totalement ou partiellement le cluster des parties prenantes et / ou des paradigmes. D'autres changements possibles dans le modèle pourraient être l'ajout d'une dépendance interne dans les paradigmes de cluster. En effet, le choix du paradigme le plus approprié est affecté par l'autre paradigme. Le modèle présente certaines limites, comme indiqué dans la sous-section «Collecte de données pour le modèle», telles que, le nombre excessif de comparaisons et le manque de cohérence qui peuvent apparaître à l'étape de comparaison par paire. En raison de ces limitations, si l'on veut réduire le nombre de comparaisons par paires, une solution peut être d'ignorer les dépendances internes dans le cluster `` Critères '' et les interdépendances entre les `` sous-critères '' et les `` pratiques LARG '' du cluster. Cependant, il est prévu que les résultats peuvent être différents par ces changements. L'une des solutions pour surmonter la limitation de l'incohérence peut être l'application de Fuzzy, transformant le modèle LARG ANP en modèle LARG Fuzzy ANP. Il serait intéressant d'appliquer cette méthodologie et de comparer les résultats des deux modèles. De plus, le modèle peut être adapté à un modèle LARG AHP en ignorant les dépendances internes dans les «critères» du cluster, la dépendance mutuelle entre le cluster «Sous-critères» et la suppression du cluster «Paradigmes» et «Parties prenantes». Le modèle comprendrait quatre niveaux, où le premier serait l'objectif, le second, les critères (catalyseurs), le troisième, les sous-critères (KPI) et enfin les alternatives (pratiques LARG).

5. Conclusions et travaux futurs

Un SCM efficace est l'une des clés de la survie dans un marché de plus en plus volatil et turbulent. En fait, la prise de décision dans la sélection des stratégies / pratiques / KPI appropriés est un défi de taille pour les gestionnaires de SC. Une mauvaise décision peut menacer le succès de la chaîne. Le modèle LARG ANP offre aux gestionnaires de SC un excellent outil pour les aider à prendre leurs décisions en sélectionnant les meilleures pratiques, indicateurs de performance clés, paradigmes ou facteurs de compétitivité.

L'ANP s'est avéré être une méthode de prise de décision puissante pour hiérarchiser les meilleurs facteurs dans le contexte du LARG et pour faire face à l'imprécision et à l'ambiguïté de ses caractéristiques élaborées et de leur corrélation. L'approche ANP développée dans cette recherche offre la possibilité de hiérarchiser les catalyseurs, les indicateurs de performance clés, les pratiques et les paradigmes dans des situations complexes, aidant à surmonter les limitations de l'AHP dérivées de l'ignorance des rétroactions et des dépendances internes. Les principaux inconvénients de l'ANP sont le grand nombre de comparaisons par paires nécessaires et les problèmes d'incohérence.

Dans l'étude de cas d'Autoeuropa VW, utilisée à des fins de démonstration exploratoire du modèle LARG ANP, selon le jugement des professionnels du cabinet, «Niveau de service», «Réactivité aux livraisons urgentes», «Système de réponse rapide en cas d'urgence», problèmes ou demandes spéciales», et Agile a été préconisé comme les meilleurs éléments, dans chacun de leurs clusters respectifs. Nous considérons que les résultats numériques de l'étude de cas sont fiables pour la prise de décision puisque la réduction du nombre de pratiques et d'indicateurs de performance clés était basée sur le travail empirique, donc les plus pertinents pour l'analyse sont ceux qui ont été pris en compte dans le modèle. Même s'il y avait plus de pratiques, en termes de décision finale de priorisation, on s'attend à ce que ces pratiques soient à nouveau sélectionnées.

Des travaux futurs seront nécessaires pour étendre les validations et inclure plus de trois pratiques et KPI. En outre, il est important d'évaluer les perceptions de diverses entités (fournisseurs et distributeurs de premier niveau) au sein du SC et de comparer les résultats. Les travaux futurs peuvent également être l'application de Fuzzy et comparer les résultats avec la méthode ANP. Enfin, il serait intéressant de développer et de valider le modèle dans le contexte d'autres industries, telles que la fabrication d'aéronefs et la construction / réparation de navires, pour comparer ces résultats avec ceux rapportés ici.

Remerciements

Les auteurs remercient le Fundac, aõ para a Cie`ncia e Tecnologia Projet MIT (MIT-Pt / EDAM-IASC / 0022/2008) pour le financement de cette recherche et Autoeuropa VW pour leur aimable contribution à la fourniture de données pour les travaux de recherche.

Références

- Agarwal, A., Shankar, R. et Tiwari, MK, 2007. Modélisation de l'agilité de la chaîne d'approvisionnement. *Gestion du marketing industriel*, 36 (4) ou 443–457.
- Al-Mashari, M., Irani, Z., et Zairi, M., 2001. Réingénierie des processus d'affaires: une enquête sur l'expérience internationale. *Affaires Journal de gestion des processus*, 7 (5), 437–455.
- Azevedo, SG et Machado, VC, 2009. Modélisation des performances Lean et Green: un contexte de fabrication et de chaîne d'approvisionnement. *Journal international d'économie de la production*, manuscrit non publié, (IJPE-D-09-00946).
- Azevedo, SG, Carvalho, H. et Machado, VC, 2011. L'influence des pratiques vertes sur les performances de la chaîne d'approvisionnement: un cas **approche d'étude. Recherche sur les transports, partie E: revue de la logistique et des transports**, 47 (6), 850–871. Azevedo, SG, Carvalho, H. et Machado, VC, 2010. L'influence des pratiques agiles et résilientes sur la chaîne d'approvisionnement **performance: une proposition de modèle conceptuel innovant. Conférence internationale de Hambourg sur la logistique, 2–3 septembre, Université de technologie de Hambourg, Hambourg, Allemagne**, 265–281.
- Azevedo, SG, Carvalho, H. et Machado, VC, 2011a. Index LARG: proposition et application dans l'offre automobile chaîne. Manuscrit non publié.
- Azevedo, SG, Carvalho, H. et Machado, VC, 2011b. L'influence des pratiques de gestion de la chaîne d'approvisionnement de LARG sur **la performance de la chaîne d'approvisionnement de la fabrication. Conférence internationale sur la gestion économique, commerciale et marketing (CEBMM)**, 11-13 mars, Shanghai, Chine. Indexé par Thomson ISI et Ei Compendex, 1–6. Baramichai, M., Zimmers, EW et Marangos, CA, 2007. Matrice de transformation de la chaîne d'approvisionnement agile: un outil intégré pour **créer une entreprise agile. Supply Chain Management - an International Journal**, 12 (5), 334–348. Beamon, BM, 1999. Mesurer la performance de la chaîne d'approvisionnement. *Journal international des opérations et de la gestion de la production*, 19 (3/4), 275–292.
- Bottani, E., 2009. Une approche QFD floue pour atteindre l'agilité. *Journal international d'économie de la production*, 119 (2), 380–391. Cagnazzo, L., Taticchi, P. et Brun, A., 2010. Le rôle des systèmes de mesure du rendement pour soutenir la qualité **initiatives d'amélioration au niveau de la chaîne d'approvisionnement. Journal international de la productivité et de la gestion des performances**, 59 (2), 163–185.
- Carvalho, H., 2011. Práticas de gestão da cadeia de abastecimento: UNIDEMI FCT / UNL.
- Carvalho, H., Azevedo, SG et Machado, VC, 2010. Gestion de la performance de la chaîne d'approvisionnement: paradigmes lean et green. *Journal international de la performance des entreprises et de la modélisation de la chaîne d'approvisionnement*, 2 (3/4), 304–333. Carvalho, H., Duarte, S. et Machado, VC, 2011. Lean, agile, résilient et vert: divergences et synergies. *International Journal de Lean Six Sigma*, 2 (2), 151–179.
- Carvalho, H. et Machado, VC, 2009. Chaîne d'approvisionnement allégée, agile, résiliente et verte: une revue. Actes du 3ème conférence internationale sur la science de la gestion et la gestion de l'ingénierie, 2-4 novembre, Bangkok, Thaïlande. World Academic Press, Union universitaire mondiale, 66–76. Chan, FTS, 2003. Mesure du rendement dans une chaîne d'approvisionnement. *Journal international des technologies de fabrication avancées*, 21 (7), 534–548.
- Christopher, M., 2000. La chaîne d'approvisionnement agile - La concurrence sur les marchés volatils. *Gestion du marketing industriel*, 29 (1), 37–44.
- Christopher, M. et Peck, H., 2004. Bâtir une chaîne d'approvisionnement résiliente. *Journal international de gestion logistique*, 15 (2), 1–13.
- Denf, L. et Wang, X., 2008. La recherche d'une nouvelle gestion intégrée de la chaîne d'approvisionnement verte dans le cadre de l'économie du recyclage. *Science et progrès technologique et police*, 25, 34–36.
- Fan, Q., Xu, XJ et Gong, ZY, 2007. Recherche sur la chaîne d'approvisionnement allégée, agile et Leagile. Conférence internationale 2007 sur les communications sans fil, les réseaux et l'informatique mobile, 21-25 septembre, Shanghai, Chine. New York: IEEE, vol. 1–15, 4902–4905.
- Gunasekaran, A., Patel, C. et Tirtiroglu, E., 2001. Mesures de performance et paramètres dans un environnement de chaîne d'approvisionnement. *Journal international des opérations et de la gestion de la production*, 21 (1–2), 71–87.
- Guo, M., Zhao, XN et Wang, YM, 2008. Les stratégies de développement substantiel de l'entreprise: chaîne d'approvisionnement verte **la gestion. Recherche en gestion des sciences et de la technologie**, 6, 255–257.
- Li, XZ et Wang, W., 2008. La théorie de la gestion de la chaîne d'approvisionnement verte. *Commerce Times*, 13, 20-21. Lin, CT, Chiu, H. et Chu, PY, 2006. Indice d'agilité dans la chaîne d'approvisionnement. *Journal international d'économie de la production*, 100 (2), 285–299. Marley, KA, 2006. Atténuer les perturbations de la chaîne d'approvisionnement: essais sur la gestion Lean, la complexité interactive et le couplage étroit. Dissertation doctorale. Administration des affaires, Ohio State University.
- Rao, P. et Holt, D., 2005. Les chaînes d'approvisionnement vertes conduisent-elles à la compétitivité et à la performance économique? *Journal international de Gestion des opérations et de la production*, 25 (9–10), 898–916.
- Saaty, TL, 2004. Principes fondamentaux du processus de réseau analytique - Dépendance et rétroaction dans la prise de décision avec un seul réseau. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13 (2), 129–157. 4844

- Saaty, TL, 1980. **Le processus de hiérarchie analytique: planification, définition de la priorité, allocation des ressources**. New York, NY: McGraw Hill. Saaty, TL, 2001. **Prise de décision avec dépendance et rétroaction: le processus de réseau analytique**. 2e éd. Pittsburgh: RWS Publications.
- Saaty, TL, 2001a. **Fondements du processus de hiérarchie analytique**. Dans: L. Daniel, et al., eds. **Le processus de hiérarchie analytique dans ressources naturelles et prise de décisions environnementales**. Dordrecht, Pays-Bas: Kluwer Academic Publishers 3, 15–35. Srivastava, SK, 2007. **Gestion de la chaîne d'approvisionnement verte: une revue de la littérature de pointe**. *Journal international de Avis de gestion*, 9 (1), 53–80.
- Van der Vorst, JGAJ et Beulens, AJM, 2002. Identifier les sources d'incertitude pour générer une refonte de la chaîne d'approvisionnement **stratégies**. *Journal international de la distribution physique et de la gestion logistique*, 32 (6), 409–430. Womack, JP, Jones, DT et Roos, D., 1990. **La machine qui a changé le monde: l'histoire de la production Lean**. New York: Rawson Associates.
- Wong, WP, 2009. Évaluation des performances de la chaîne d'approvisionnement en environnement stochastique: utilisation d'un DEA basé sur la simulation **cadre**. *Journal international de la performance des entreprises et de la modélisation de la chaîne d'approvisionnement*, 1 (2/3), 203-228. Wu, HM, 2009. **The lean manufacture research in environment of the supply chain of modern industry engineering**. Procédure de la 16e conférence internationale IEEE sur l'ingénierie industrielle et la gestion de l'ingénierie, 21-23 octobre, Pékin, Chine. IEEE, volumes 1 et 2, 297–300.
- Wu, S. et Wee, HM, 2009. Comment la chaîne d'approvisionnement allégée affecte le coût et la qualité des produits - Une étude de cas du moteur Ford **Compagnie**. 6ème conférence internationale sur les systèmes de service et la gestion des services, 8-10 juin, Université de Xiamen, Fac Management, Xiamen, Chine. IEEE, vol. 1 et 2, 271-276. Yin, RK, 2003. **Recherche, conception et méthodes d'études de cas**. 3e éd. Californie: Sage Publications. Yusuf, YY, Sarhadi, M. et Gunasekaran, A., 1999. **Fabrication agile: les pilotes, les concepts et les attributs**. *International Journal of Production Economics*, 62 (1–2), 33–43.

Le droit d'auteur de International Journal of Production Research est la propriété de Taylor & Francis Ltd et son contenu ne peut être copié ou envoyé par courrier électronique à plusieurs sites ou publié sur une liste de diffusion sans l'autorisation écrite expresse du détenteur des droits d'auteur. Cependant, les utilisateurs peuvent imprimer, télécharger ou envoyer par courrier électronique des articles pour un usage individuel.