



MODELES DE RECHERCHE OPERATIONNELLE POUR LA CONCEPTION ET PLANIFICATION DES CHAINES LOGISTIQUES DURABLES : UNE REVUE DE LA LITTERATURE

Tassedda Boukherroub, Angel Ruiz, Julien Fondrevelle, Alain Guinet

► To cite this version:

Tassedda Boukherroub, Angel Ruiz, Julien Fondrevelle, Alain Guinet. MODELES DE RECHERCHE OPERATIONNELLE POUR LA CONCEPTION ET PLANIFICATION DES CHAINES LOGISTIQUES DURABLES : UNE REVUE DE LA LITTERATURE . MOSIM 2014, 10ème Conférence Francophone de Modélisation, Optimisation et Simulation, Nov 2014, Nancy, France. hal-01166643

HAL Id: hal-01166643

<https://hal.science/hal-01166643>

Submitted on 23 Jun 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MODELES DE RECHERCHE OPERATIONNELLE POUR LA CONCEPTION ET PLANIFICATION DES CHAINES LOGISTIQUES DURABLES : UNE REVUE DE LA LITTERATURE

Tasseda BOUKHERROUB, Angel RUIZ

Centre Interuniversitaire de Recherche sur les Réseaux
d'Entreprise, la Logistique et le Transport (CIRRELT)
2325, rue de la Terrasse, Université Laval, Québec
(Québec) G1V 0A6 – Canada
Tasseda.Boukherroub@cirrelt.ca, Angel.Ruiz@osd.ulaval.ca

Julien FONDREVELLE, Alain GUINET

Université de Lyon, INSA-Lyon, DISP EA4570
Campus Lyon Tech, Bât. Léonard de Vinci, 21 avenue
Jean Capelle,
69621 Villeurbanne cedex – France
julien.fondrevelle@insa-lyon.fr, alain.guinet@insa-lyon.fr

RESUME : Traditionnellement, les modèles de conception et de planification de la chaîne logistique en Recherche Opérationnelle se focalisent essentiellement sur la minimisation des coûts. Or, avec l'avènement des préoccupations environnementales et sociales, la performance de la chaîne logistique n'est plus seulement économique, mais a évolué vers une performance tridimensionnelle incluant les trois piliers du développement durable : économie, environnement et société. Cette réalité doit alors être prise en compte dans les modèles de RO. Nous présentons une revue de la littérature systématique traitant des modèles de conception et de planification de la chaîne logistique dans un contexte de développement durable. L'objectif est de rendre compte de l'intégration des aspects environnementaux et sociaux en plus des aspects économiques dans les modèles mathématiques. Nous nous intéressons aux critères du développement durable considérés, ainsi qu'à leur formulation dans les modèles mathématiques. Nous mettons par ailleurs l'accent sur les contextes industriels et législatifs dans lesquels ces modèles ont été proposés.

MOTS-CLES : Conception et planification des chaînes logistiques, développement durable, performance, Recherche Opérationnelle.

1 INTRODUCTION

De plus en plus conscients des dégâts écologiques et des problèmes sociaux occasionnés par les activités industrielles, les consommateurs, les syndicats, les ONG, les gouvernements et les autres parties prenantes de l'entreprise (investisseurs, fournisseurs, etc.) exigent aujourd'hui un développement économique plus respectueux de l'environnement et de la société, autrement dit un développement « durable » (DD). La législation en ce sens ne cesse de se renforcer, comme le montre par exemple la taxe carbone sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le cadre de la mise en œuvre du Protocole de Kyoto. En France, depuis juillet 2010, la Loi Grenelle oblige les sociétés cotées en bourse ou de plus de 5000 salariés à publier annuellement un bilan social et environnemental, en plus de leur bilan financier.

Les entreprises ont dès lors commencé à intégrer dans la gestion de leurs activités les préoccupations environnementales et sociales, contraintes par la législation, mais également soucieuses de leur réputation et désireuses d'acquiescer un avantage concurrentiel dans un marché de la consommation « écologiquement correcte » et éthique en plein essor (produits biologiques, produits issus du commerce équitable, production locale, etc.). Il s'agit d'appliquer les contraintes et les opportunités du DD dans une perspective de Responsabilité Sociale des Entreprises (RSE) (Jolly, 2006).

Néanmoins l'intégration des principes du DD aux activités industrielles reste une tâche difficile. La recherche

dans le domaine de la Recherche Opérationnelle (RO) se développe autour de cette problématique, notamment autour de la chaîne logistique (CL) dite "durable". Nous présentons dans cet article une revue systématique des modèles mathématiques proposés en vue de l'intégration des aspects du DD dans la conception et la planification de la CL. Notre objectif est de rendre compte du niveau d'intégration des critères qui caractérisent communément le DD dans les modèles de RO. Nous nous intéressons à la formulation des critères durables dans les modèles mathématiques et nous mettons l'accent sur les contextes industriels et législatifs dans lesquels les modèles ont été proposés.

Le reste de l'article est organisé comme suit : dans la section 2, nous précisons la notion de gestion de la CL durable. La section 3 présente notre démarche globale. Dans la section 4, nous présentons la classification de la littérature et nous analysons les résultats. Nous concluons enfin dans la section 5.

2 LA GESTION DES CHAINES LOGISTIQUES DURABLES

Nous introduisons dans cette section la notion de CL durable et nous précisons les critères de la performance durable.

2.1 Les chaînes logistiques durables

Dans le rapport « Brundtland » publié par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (CMED) en 1987, le DD est défini comme « un développement qui satisfait les besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs ». L'accent est mis sur la durée du développement économique, l'équité sociale et le respect des systèmes naturels, constituant ce que l'on désigne généralement par les « trois piliers » du DD (3P : Profit, Planet, People).

La transposition des principes du DD aux activités industrielles se traduit par la Responsabilité Sociale des Entreprises (RSE). La Commission Européenne (2001) définit la RSE comme le concept selon lequel « les entreprises intègrent les préoccupations sociales, environnementales, et économiques dans leurs opérations quotidiennes, et dans leurs interactions avec leurs parties prenantes sur une base volontaire ». John Elkington (1998) a par ailleurs introduit le concept du triple bilan (TBL) qui met l'accent sur la performance "durable" : une performance minimum doit être atteinte pour chacune des 3 dimensions du DD (l'économie, l'environnement et la société) et un équilibre entre les 3 dimensions de la performance durable doit être satisfait.

La gestion de la CL durable peut alors être vue comme l'intégration des préoccupations environnementales et sociales à la gestion de la CL, en vue d'améliorer et d'équilibrer les 3 performances économique, environnementale et sociale (i.e. la performance durable). Il est donc essentiel de préciser les critères qui caractérisent la performance durable des CL avant de s'interroger sur la prise en compte de ces derniers dans la conception et la planification de la CL, objet de notre revue de la littérature.

2.2 Les critères de la performance durable

Traditionnellement, les critères d'évaluation de la performance sont plutôt économiques : performance financière (coûts d'approvisionnement, coûts de distribution,...), flexibilité (flexibilité de la production, flexibilité de la distribution,...), réactivité (délais de conception, de mise sur le marché,...), qualité (qualité de production,...) et fiabilité (taux de service, fiabilité des prévisions,...) (Gruat La Forme-Chretien, 2007). Il n'existe pas encore de consensus sur ce que devraient être les performances environnementale et sociale. Celles-ci dépendent de plusieurs facteurs comme le secteur industriel, le pays de localisation des activités, etc. Néanmoins, il existe plusieurs standards internationaux (référentiel SCOR, le GRI¹, l'OCDE², l'ISO 26000, etc.) et travaux scientifiques qui proposent des critères plus ou moins communs et génériques, et qui peuvent être adaptés. Baumann (2011) propose de caractériser les critères de la performance durable par des enjeux et des sous-enjeux économiques, environnementaux et sociaux.

Nous nous sommes inspirés de ses travaux et avons sélectionné 12 critères, répartis sur les trois volets du DD ; 5 critères pour la performance économique, 4 critères pour la performance environnementale et 3 critères pour la performance sociale (tableau 1). Ces critères ont été choisis en raison de leur pertinence dans la littérature scientifique et les standards internationaux. Il est à noter que nous n'avons pas pris en considération des critères « basiques » relevant des droits de l'homme comme par exemple, l'exploitation des enfants, le travail forcé, etc.

Dimension	Critère
Economie	Performance financière (PF)
	Réactivité (RC)
	Fiabilité (FB)
	Flexibilité (FL)
	Qualité (QL)
Environnement	Utilisation des ressources (UR)
	Pollution (PL)
	Emissions des gaz à effet de serre (GES)
	Matières dangereuses (MD)
Société	Santé et sécurité (SS)
	Emplois et richesses (ER)
	Conditions de travail (CT)

Tableau 1 : Les critères de la performance durable, inspirés par Baumann (2011)

3 DEMARCHE

En vue de réaliser notre revue de la littérature, nous avons structuré notre démarche en 4 étapes comme le montre la figure 1.

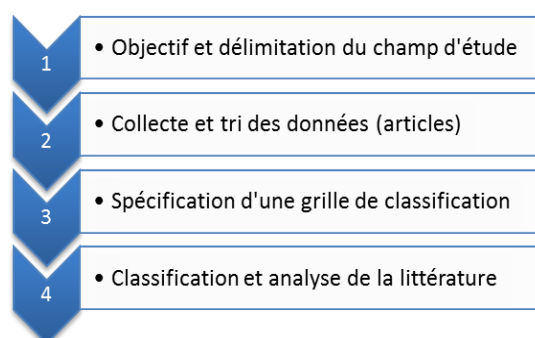


Figure 1 : Démarche de recherche bibliographique

3.1 Objectif et délimitation du champ d'étude

Nous avons exposé nos objectifs dans la section *Introduction*. Nous rappelons que notre étude porte sur la conception et la planification des CL (i.e. configuration et planification des opérations de la CL). Nous avons restreint notre revue de la littérature aux publications parues entre 1998 et 2013. Nous avons choisi l'année 1998 comme date de référence car le Protocole de Kyoto a été signé à la fin de l'année précédente (le 11 décembre 1997) d'une part, et parce que le concept du triple bilan

¹ Global Reporting Initiative.

² Organisation de Coopération et de Développement Économique.

(TBL) n'a vu le jour qu'en 1998 (Elkington, 1998), d'autre part. Nous nous intéressons uniquement aux modèles de RO. De plus, nous ne nous focalisons pas sur les CL inverses ou en boucle fermée (i.e. intégrant les flux de produits, d'amont en aval et les flux de retour de produits usagés d'aval en amont).

En effet, bien qu'elles soient largement considérées comme des CL durables, plusieurs chercheurs avancent que l'ajout de processus inverses ne rend pas la chaîne systématiquement « durable » (Quariguas Frota Neto et al., 2010). Dans ce sens, Rubio et al. (2008) ont analysé plusieurs travaux sur les CL inverses et en boucle fermée sur une période de 10 années (1995-2005) et ont montré que dans la quasi-totalité des cas, l'objectif économique est la motivation principale. Dekker et al. (2012) affirment, de leur côté, que les processus de recyclage peuvent être polluants et que, pour avoir suffisamment de volumes à recycler, beaucoup de transport serait nécessaire pour collecter les produits usagés. Il est, de plus, difficile de prévoir les retours des produits en fin de vie, lesquels sont aléatoires (Bennekrouf et al., 2010).

3.2 Collecte et tri des données

Notre revue de la littérature couvre les articles parus dans des journaux de RO, de logistique et de management des opérations, ainsi que des articles de conférences dans ces domaines. Nous avons interrogé la plupart des bases de données et les bibliothèques en ligne où ce type de littérature est répertorié : ScienceDirect (Springer), SpringerLink, Web of Science, Taylor & Francis online-Journals, Emerald Management eJournals, INFORMS Journals, etc. Nous avons utilisé les mots-clés « *supply chain planning* », « *supply chain network design* », que nous avons combinés avec les mots-clés « *sustainable development* », « *sustainability* », « *green* » et « *corporate social responsibility* ». Notons que nous n'avons pas utilisé des mots-clés liés à la CL inverse ou en boucle fermée (ex. « *reverse logistics* », « *closed-loop supply chain* », « *recycling* », etc.). Néanmoins, nous n'avons pas écarté systématiquement tous les travaux ayant proposé des modèles de CL inverses ou en boucle fermée apparus dans nos résultats. Nous les avons rigoureusement analysés et vérifié leur pertinence vis-à-vis de l'intégration des aspects du DD. Notons également que nous avons complété notre recherche par des articles recensés dans d'autres travaux (ex. revues de la littérature) lorsque les articles en question sont pertinents mais qu'ils ne sont pas apparus dans nos résultats. Au total, nous avons recensé 55 articles.

4 CLASSIFICATION ET ANALYSE DE LA LITTÉRATURE

Nous avons classé les articles recensés suivant :

- les critères de la performance durable spécifiés dans la section 2.2 (tableau 1) ;

- le type du modèle mathématique (mono-objectif, bi-objectifs, multi-objectifs, ou multicritères) ;
- le secteur industriel. Pour ce faire, nous avons adopté la classification du GICS (Global Industry Classification Standard) ;
- le contexte législatif. Nous mentionnons si les modèles sont proposés pour répondre à la réglementation environnementale en vigueur (émissions de GES, génération de polluants et recyclage).

La classification par référence suivant les critères de la performance durable est présentée dans le tableau 2. La figure 2 présente la répartition en nombres des travaux recensés dans le tableau 2 sur les 3 volets du DD (figure 2.1), ainsi que la répartition suivant les critères à l'intérieur de chacune des 3 dimensions économique, environnementale et sociale (figures 2.2, 2.3, 2.4, respectivement). La figure 3 présente la répartition des travaux suivant le type de modélisation, le secteur industriel et la réglementation environnementale (figures 3.1, 3.2 et 3.3, respectivement). La classification par référence est présentée en annexe.

Nous constatons un faible intérêt pour la performance sociale (figure 2.1). En effet, alors que l'ensemble des travaux ont pris en compte les dimensions économique et environnementale, seuls 14 travaux ont considéré la dimension sociale. Nous analysons dans ce qui suit les critères de la performance pris en compte à l'intérieur de chacune des 3 dimensions de la performance durable et discutons les méthodes et les indicateurs utilisés en vue de les intégrer dans les modèles mathématiques.

4.1 La modélisation des critères de la performance économique

A l'intérieur de la dimension économique (figure 2.2), la performance financière (PF) est, sans surprise, prise en compte par l'ensemble des travaux. Celle-ci est mesurée par le coût total de la CL (dans 38 travaux sur 55), la valeur actuelle nette (VAN) ou le profit, lesquels sont modélisés comme des fonctions objectifs à minimiser (coût total) ou à maximiser (VAN et profit) dans un modèle mono-objectif, bi-objectif ou multi-objectifs. Les autres critères économiques sont très peu investis dans la littérature. L'une des raisons qui peut expliquer ce constat est liée à la complexité qui se rajoute aux modèles. Rappelons que l'ensemble des travaux recensés prennent déjà en compte au moins 2 critères répartis sur au moins 2 dimensions du DD.

Pour mesurer la réactivité (RC), Luo et al. (2001) et Dotoli et al. (2006) ont associé à chaque lien et partenaire logistique possibles dans une CL potentielle, un temps de cycle. L'objectif est de configurer la chaîne en minimisant le temps de cycle total. Eskandarpour et al. (2013) ont considéré, de leur côté, la minimisation du retard lié à la réparation des produits retournés par les clients dans un système de service après-vente. Amin et Zhang (2012b) ont considéré le délai de livraison comme

*3ème Conférence Francophone de MODélisation et SIMulation Conception, Analyse et Gestion des Systèmes Industriels
MOSIM'01 – du 25 au 27 avril - Troyes (France)*

Référence	Performance économique					Performance environnementale				Performance sociale		
	Performance financière (PF)	Réactivité (RC)	Fiabilité (FB)	Flexibilité (FL)	Qualité (QL)	Utilisation des res- sources (UR)	Pollution (PL)	Emissions de GES (GES)	Matières dangereuses (MD)	Santé et sécurité (SS)	Emplois et richesses (ER)	Conditions de travail (CT)
Giannikos (1998)	X						X		X			
Nema and Gupta (1999)	X								X			
Luo et al. (2001)	X	X				X		X				
Krikk et al. (2003)	X					X	X					
Dotoli et al. (2005)	X		X	X	X	X		X				
Hugo et al. (2005)	X							X				
Hugo and Pistikopoulos (2005)	X					X	X	X	X	X		
Dotoli et al. (2006)	X	X				X		X				
Nagurney et al. (2006)	X							X				
Ferretti et al. (2007)	X						X					
Pati et al. (2008)	X				X	X	X					
Pourmohammadi et al. (2008)	X					X	X					
Quariguas Frota Neto et al. (2008)	X						X	X	X			
Bojarski et al. (2009)	X					X	X	X	X	X		
Gillen-Gosalbéz and Grossman (2009)	X					X	X	X	X	X		
Mele et al. (2009)	X						X					
Bouzembrak et al. (2010)	X							X				
Fonseca et al. (2010)	X						X					
Gillen-Gosalbéz and Grossman (2010)	X					X	X	X	X	X		
Nagurney and Nagurney (2010)	X							X				
Subramanian et al. (2010)	X					X		X				
Aramyan et al. (2011)	X							X				
Corsano et al. (2011)	X					X	X					
Chaabane et al. (2011a)	X							X				
Chaabane et al. (2011b)	X							X				
Mele et al. (2011)	X					X	X	X	X	X		
Pinto-Varela et al. (2011)	X					X	X	X		X		
Wang et al. (2011)	X							X				
You et al. (2011)	X							X			X	
You and Wang (2011)	X							X				
Abdallah et al. (2012)	X					X	X	X	X	X		
Achillas et al. (2012)	X					X	X					
Agkul et al. (2012)	X							X				
Amin and Zhang (2012a)	X					X	X					
Amin and Zhang (2012b)	X	X			X	X	X					
Bostel et al. (2012)	X							X				
Chaabane et al. (2012)	X							X				
Elhedhli and Merrick (2012)	X							X				
Giarola et al. (2012)	X							X				
Jamshidi et al. (2012)	X								X			
Mallidis et al. (2012)	X						X	X				
Paksoy et al. (2012)	X					X		X				
Pérez-Fortes et al. (2012)	X					X	X	X	X	X	X	
Pishvaei et al. (2012a)	X						X			X	X	
Pishvaei and Razmi (2012)	X					X	X			X		
Pozo et al. (2012)	X					X	X	X	X	X		
Sabio et al. (2012)	X					X	X	X	X	X		
Shaw et al. (2012)	X		X		X			X				
Shiue and Lin (2012)	X					X						
Tekiner-Mogulkoc et al. (2012)	X						X	X				
Bing et al. (2013)	X							X				
Boukherroub et al. (2013)	X							X			X	
Chung et al. (2013)	X						X					
Eskandarpour et al. (2013)	X	X				X		X				
Mirzapour et al. (2013)	X						X	X				

Tableau 2 : Classification de la littérature suivant les critères économiques, environnementaux et sociaux

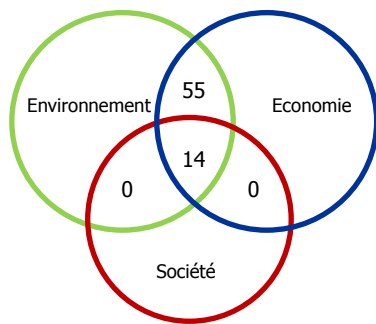


Figure 2.1 : La prise en compte des dimensions de la performance durable

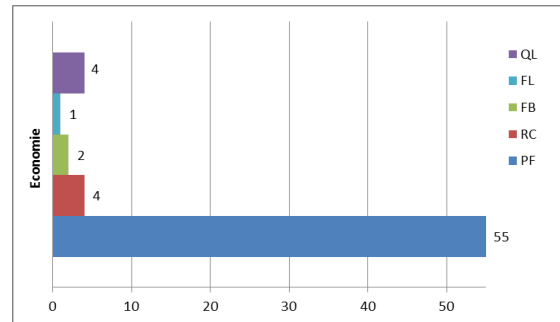


Figure 2.2 : La prise en compte des critères de la performance économique

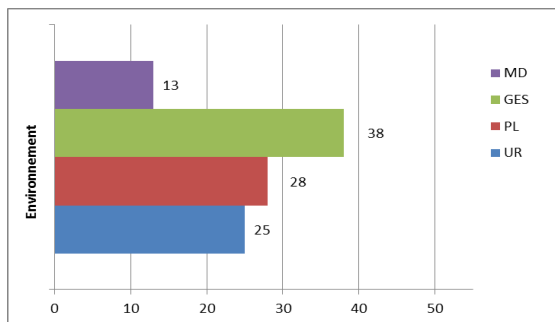


Figure 2.3 : La prise en compte des critères de la performance environnementale

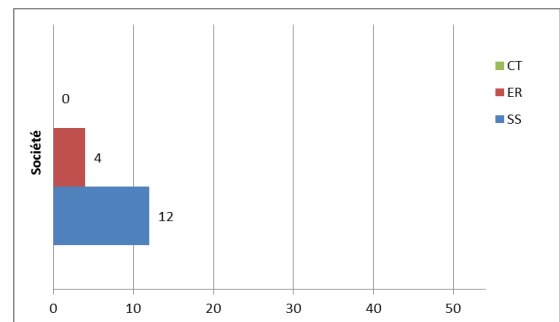


Figure 2.4: La prise en compte des critères de la performance sociale

Figure 2 : Répartition de la littérature suivant les critères de la performance économique, environnementale et sociale

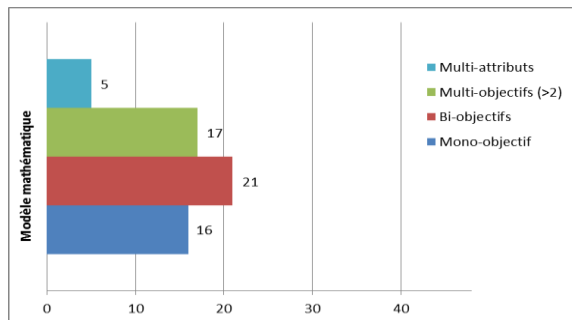


Figure 3.1 : Répartition suivant la formulation mathématique

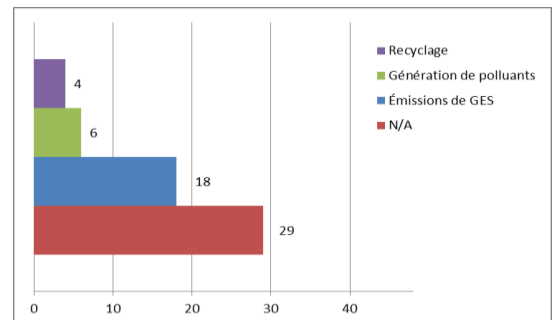


Figure 3.2 : Répartition suivant la réglementation environnementale

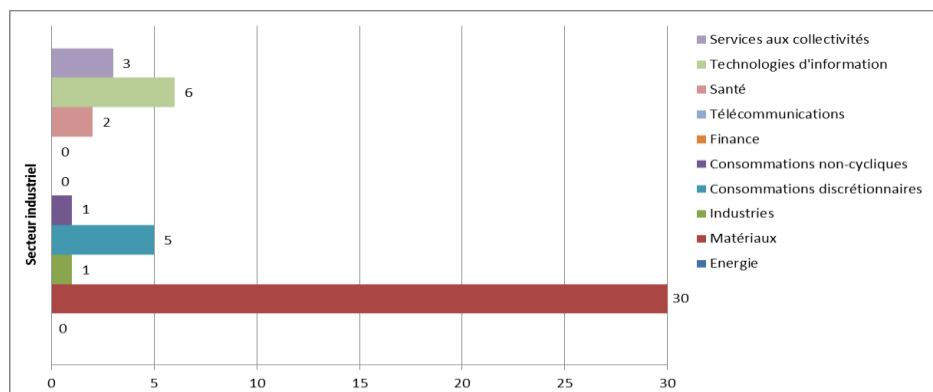


Figure 3.3: Répartition suivant le secteur industriel

Figure 3 : Répartition suivant le type de modélisation et les cadres d'application industriels et réglementaires

un critère d'évaluation de fournisseurs potentiels.

Nous notons par ailleurs que les critères « Fiabilité » (FB), « Flexibilité » (FL) et « Qualité » (QL) ont été considérés dans la littérature comme des attributs (qualitatifs et quantitatifs) du produit ou du fournisseur. Par exemple, Dotoli et al. (2005) ont évalué un ensemble de fournisseurs potentiels sur la base de la fiabilité des délais, la capacité d'adaptation aux exigences des clients, la qualité des produits et du service fournis, etc. Pati et al. (2008) ont minimisé la quantité de papier usagé de mauvaise qualité collectée pour augmenter la qualité du papier recyclé, dans le cadre d'une CL inverse (recyclage du papier usagé). Shaw et al. (2012) ont formulé la quantité de produits défectueux et la quantité de produits livrés en retard comme des fonctions objectifs à minimiser dans un problème de sélection de fournisseurs et d'affectation de commandes. Amin et Zhang (2012b) ont également considéré la quantité de produits défectueux comme un objectif à minimiser. Dotoli et al. (2005), Amin et Zhang (2012b) et Shaw et al. (2012) ont tous utilisé une méthode multi-attributs pour la pré-sélection de fournisseurs (Dotoli et al., 2005) ou pour évaluer leur importance traduite en termes de poids (Amin et Zhang, 2012b ; Shaw et al., 2012).

4.2 La modélisation des critères de la performance environnementale

Concernant la dimension environnementale (figure 2.3), les émissions de GES constituent le critère le plus étudié. Les critères « Utilisation des ressources » (UR) et « Pollution » (PL) ont reçu un intérêt moindre mais significatif, contrairement au critère « Matières dangereuses » (MD).

4.2.1 Formulation des critères de la performance environnementale

En dehors des travaux ayant adopté la méthode de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV, voir section 4.2.2) pour calculer les émissions de GES, ce critère a été quantifié dans la littérature, en associant un coefficient d'émission aux quantités de produits transportées, fabriquées, stockées, etc. Le coefficient d'émission de GES dépend essentiellement du mode de transport utilisé, de la distance parcourue, de la technologie sélectionnée et de la modalité de stockage. Le critère « Utilisation des ressources » (UR) a été, dans la plupart des travaux recensés, mesuré en termes de quantité d'énergie utilisée à l'aide de coefficients de consommation associés à différentes variables de décisions. De leur côté, Subramanian et al. (2010), Amin et Zhang (2012a), Amin et Zhang (2012b) et Paksoy et al. (2012) ont considéré la « recyclabilité » des produits. Pati et al. (2008) et Eskandarpour et al. (2013), quant à eux, ont considéré la quantité de déchets collectés et la quantité de produits éliminés (respectivement) comme des objectifs à maximiser.

Le critère « pollution » (PL) a été mesuré essentiellement par la quantité de polluants émise dans l'air par le biais d'un facteur d'émission associé aux quantités fa-

briquées et/ou transportées par différentes technologies et/ou modes de transport (Ferretti et al., 2007 ; Pourmohammadi et al., 2008 ; Achillas et al., 2012 ; Mallidis et al., 2012 ; Tekiner-Mogulkoc et al., 2012). Krikke et al. (2003) ont considéré la quantité de déchets à éliminer qu'ils ont formulée comme un objectif devant être maximisé. Fonseca et al. (2010) ont de leur côté considéré les effets indésirables (odeurs, bruits, ...) liés à la localisation de sites de traitement et d'élimination des déchets. Ils ont modélisé ce critère comme une fonction objectif, mesurée à l'aide du produit mathématique entre les variables binaires de localisation des sites, les facteurs d'émission des effets indésirables, les distances euclidiennes entre les sites à localiser et les zones d'habitation, les poids liés à l'importance de chaque zone d'habitation, etc. Giannikos (1998) a modélisé les risques environnementaux liés au transport de matières dangereuses (critère « matières dangereuses » MD) comme deux fonctions objectifs (i.e. le risque perçu par l'ensemble des zones d'habitation et le plus grand risque perçu individuellement par chaque zone d'habitation).

Dans le même esprit, Nema et Gupta (1999) ont considéré le risque lié au transport et au traitement de matières dangereuses qu'ils ont modélisé comme une fonction objectif (i.e. produit mathématique entre les quantités transportées/traitées, le niveau de dangerosité des produits transportés, la probabilité d'occurrence d'un accident et la taille de la population potentiellement impactée). Nous avons par ailleurs relevé dans le modèle d'évaluation des fournisseurs d'Amin et Zhang (2012b) plusieurs attributs environnementaux qualitatifs associés aux produits eux-mêmes ou aux processus de fabrication (ex. utilisation de technologies moins polluantes, génération de déchets, dangerosité des produits, recyclabilité des produits, etc.).

4.2.2 L'utilisation de l'ACV pour mesurer la performance environnementale

La méthode la plus communément utilisée dans la littérature pour quantifier les critères de la performance environnementale (émissions de GES, utilisation des ressources, pollution et matières dangereuses) est l'ACV (Analyse du Cycle de Vie). Cette méthode consiste à identifier et à quantifier l'énergie, les matières utilisées ainsi que l'ensemble des polluants et des rejets (CO₂, CO, NO_x, etc.) générés à chaque étape du cycle de vie du produit, depuis l'extraction des matières premières qui le composent jusqu'à son élimination finale (ISO 14040, 2006). Les informations recueillies (appelées inventaire du cycle de vie) sont ensuite traduites à l'aide de coefficients de pondération (facteurs d'impact) en termes d'impacts socio-environnementaux qui peuvent être rangés dans différentes catégories. Il existe deux principales méthodes pour définir les catégories d'impacts. La première est orientée « problème », i.e. la quantification des impacts est limitée aux premiers stades de la chaîne de cause à effet (mid-point) comme par exemple la concentration de GES dans l'atmosphère. La seconde est orientée « dommage », i.e.

la quantification des impacts est poussée jusqu'au dommage ultime dans la chaîne de cause à effet (end-point) comme par exemple les dommages sur la santé humaine causés par le réchauffement climatique lui-même causé par la concentration de GES dans l'atmosphère.

Les impacts environnementaux de la CL dépendent des quantités de produits achetées, transportées, fabriquées, stockées, etc. ainsi que de la provenance des produits (fournisseurs), des modes de transport utilisés, des technologies de production, des modalités de stockage, etc. La performance environnementale est alors quantifiée en pondérant certaines variables de décision (quantités achetées, fabriquées, etc.) à l'aide de coefficients d'émissions, de consommation et de facteurs d'impact. Une des catégories d'impacts les plus étudiée dans les travaux ayant adopté l'ACV concerne les émissions de GES qui est formulée comme un objectif à minimiser dans un programme mathématique bi-objectif (Hugo et al., 2005 ; You et Wang, 2011) ; Chaabane et al., 2012 ; Giarola et al., 2012) ou multi-objectifs (You et al., 2011) (tableau 3 en annexe). Lorsque plusieurs catégories d'impacts sont considérées simultanément, elles sont généralement agrégées en un seul indicateur normalisé qui mesure l'impact global sur l'environnement comme par exemple l'Eco-indicateur 99 (ex. Hugo et Pistikopoulos, 2005 ; Guillén-Gosalbéz et Grossmann, 2009 ; Guillén-Gosalbéz et Grossmann, 2010) ou l'IMPACT 2002+ (ex. Bojarski et al., 2009 ; Pérez-Fortes et al., 2012). Ces indicateurs agrégés sont ensuite formulés comme des fonctions objectifs dans des modèles bi-objectifs (ex. Hugo et Pistikopoulos, 2005 ; Guillén-Gosalbéz et Grossmann, 2009 ; Guillén-Gosalbéz et Grossmann, 2010) ou multi-objectifs (ex. Pérez-Fortes et al., 2012).

Sur l'ensemble des travaux que nous avons analysés, nous en avons recensé 21 qui ont privilégié une approche par l'ACV. Sur ces 21 articles, 18 ont considéré le secteur industriel des matériaux dont les produits de la chimie (Hugo et Pistikopoulos, 2005 ; Guillén-Gosalbéz et Grossmann, 2009 ; Guillén-Gosalbéz et Grossmann, 2010, etc.), la production de l'hydrogène (Hugo et al., 2005 ; Sabio et al., 2012), la production de bio-carburants (Corsano et al., 2011 ; You et al., 2011 ; Akgul et al., 2012, etc.), l'aluminium (Chaabane et al., 2012) et la production des pâtes et papier (Quarigas Frota Neto et al., 2008 ; Pinto-Varéla et al., 2011). En effet, ces types d'industries sont parmi les secteurs les plus polluants et les plus gourmands en énergie. Dès lors, il n'est pas surprenant que la méthode de l'ACV soit surtout utilisée dans ce secteur industriel.

L'avantage de l'ACV est qu'elle permet de prendre en compte plusieurs critères environnementaux (utilisation des ressources, pollution, émissions de GES, matières dangereuses) à la fois, voire des critères sociaux (les dommages sur la santé humaine par exemple). Ceci est reflété dans le tableau 2 où les critères environnemen-

taux et le critère social « Santé et Sécurité » (SS) sont, dans plusieurs travaux, pris en compte simultanément. Notons de plus que sur les 12 travaux où le critère social « Santé et Sécurité » est pris en compte, 11 ont utilisé la méthode de l'ACV pour le quantifier (catégorie d'impact « dommages sur la santé humaine »). Par ailleurs, la possibilité qu'offre la méthode de l'ACV en termes de quantification de l'impact global sur l'environnement à l'aide d'indicateurs agrégés (Eco-indicateur 99, l'IMPACT 2002+, etc.) facilite la modélisation mathématique. Néanmoins, la méthode de l'ACV présente quelques limites concernant la fiabilité et la disponibilité des données nécessaires à la réalisation de l'inventaire du cycle de vie ainsi que le calcul des différentes catégories d'impacts et leur agrégation.

4.2.3 La prise en compte de la réglementation environnementale

L'intérêt dans la littérature pour les critères environnementaux est lié dans 28 cas à la réglementation environnementale (figure 3.2). Nous avons en effet recensé 18 travaux ayant proposé des modèles de planification de la CL dans le cadre de la réglementation sur les émissions de GES, 6 travaux dans le cadre de la réglementation sur la pollution (rejets dans l'air et dans les eaux) et 4 dans le cadre de la réglementation sur les quotas de produits en fin de vie à collecter/recycler. Concernant les émissions de GES, deux types de réglementations ont été considérés : la taxe carbone et le système d'échange de quotas.

Dans le cas de la taxe carbone, à titre d'exemple, Bouzembrak et al. (2010) ont conçu un réseau logistique de traitement de sédiments fluviaux pollués qui minimise les coûts dont le coût des émissions de CO₂. Les auteurs ont considéré une somme pondérée et ont fait varier les poids pour étudier plusieurs configurations possibles présentant différentes performances économique et environnementale. Shaw et al. (2012) ont de leur côté intégré la limite d'émissions de carbone autorisée comme une contrainte. Chaabane et al. (2012) ont conçu une CL en boucle fermée en considérant les crédits de carbone à acheter ou à vendre dans le cadre d'un système de quotas comme des variables de décision. Le coût/profit associé aux quantités achetées/vendues est alors intégré dans une fonction objectif de coût, alors qu'un second objectif permet de quantifier et de minimiser l'ensemble des émissions de GES de la chaîne. La limite d'émissions autorisée ainsi que le nombre maximum de crédits achetés/vendus autorisés sont modélisés comme des contraintes. Il s'agit alors de trouver un compromis entre le coût de la CL et les émissions totales de GES.

Dans le cadre de la réglementation sur la pollution, Ferretti et al. (2007) ont évalué l'impact de différents niveaux de limitations de polluants dans l'air (monoxyde de carbone (CO), oxydes d'azote (NOx), matières particulaires (MP) et composés organiques volatiles (COV)) sur la configuration du transport de l'aluminium (sous

forme liquide ou solide) dans un réseau logistique. De leur côté, Corsano et al. (2011) ont intégré, dans la fonction objectif de profit, les pénalités liées aux quantités des eaux usées de distillerie (vinasses) rejetées. Concernant la réglementation sur la récupération des produits en fin de vie, Krikke et al. (2003) ont évalué l'impact de différentes cibles des volumes à recycler sur l'utilisation de l'énergie et les coûts de recyclage, dans le cadre de la législation sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE).

4.3 La modélisation des critères de la performance sociale

Comme nous l'avons évoqué précédemment, l'intégration des critères de la performance sociale est assez rare dans la littérature. Notons par exemple que le critère « Conditions de Travail » (CT) n'a reçu aucun intérêt (figure 2.4). Nous rappelons que sur l'ensemble des 14 travaux recensés, 11 ont pris en compte le critère « Santé et Sécurité » (SS) dans le cadre de l'ACV, en le quantifiant comme le dommage à long terme sur la santé humaine potentiellement causé par le changement climatique, la pollution, etc. En dehors de ces travaux, nous avons recensé uniquement 3 articles (You et al., 2011 ; Pishvae et al., 2012 ; Pérez-Fortes et al., 2012) qui ont considéré la performance sociale.

You et al. (2011) ont proposé un modèle mathématique multi-objectifs pour la planification stratégique-tactique d'une chaîne de production de bio-carburants (à partir de biomasse) en considérant 3 objectifs : la minimisation des coûts de la conception et de l'exploitation du réseau logistique, la minimisation des émissions de GES le long de la chaîne (obtenues en appliquant la méthode de l'ACV) et la maximisation des emplois locaux créés lors de la construction et de l'exploitation des installations de la chaîne. Les auteurs ont quantifié l'objectif social en s'appuyant sur l'outil « JEDI » (Jobs and Economic Development Impact model)³ développé par le NREL (National Renewable Energy Laboratory). Conçu pour les industries de production de l'énergie et des carburants, cet outil permet d'estimer pour chaque dépense unitaire liée à la construction ou à l'exploitation des installations, le nombre d'emplois locaux générés directement (phases de construction et d'exploitation des installations) et indirectement dans les industries de support (fournisseurs, banques, etc.) par le biais de multiplicateurs d'entrée-sortie. You et al. (2011) ont ainsi formulé l'objectif social comme la somme des variables de décision binaires (localisation de sites) et continues (quantités transportées, quantités stockées, quantités achetées, quantités produites, etc.) pondérées par un coût et un multiplicateur d'entrée-sortie.

De leur côté, Pérez-Fortes et al. (2012) ont considéré le problème de planification stratégique-tactique d'un réseau de production d'électricité à partir de la biomasse.

Ils ont formulé un programme mathématique en considérant 3 fonctions objectifs : le coût de configuration et d'exploitation de la chaîne, l'impact environnemental global de la chaîne (IMPACT 2002+) et le nombre total d'emplois locaux créés. Pour quantifier l'objectif social, les auteurs maximisent le nombre de technologies de production installées dans l'ensemble des régions potentielles. Autrement dit, ils répartissent le plus largement possible les technologies à installer pour offrir le maximum d'opportunités d'emplois sur l'ensemble des régions. Pour ce faire, ils ont considéré la maximisation de la somme sur les indices *technologie*, *région* et *période* d'une variable binaire valant 1 si une technologie particulière est localisée dans une région candidate à une période donnée, 0 sinon.

Enfin, Pishvae et al. (2012) ont conçu une CL en considérant deux objectifs : la minimisation des coûts et la maximisation de la "responsabilité sociale de la CL". Le second objectif est une somme pondérée de 4 indicateurs mesurant 1 critère environnemental et 3 critères sociaux. Le critère environnemental concerne la quantité totale de déchets générés lors de la fabrication des produits. Le premier critère social concerne la création d'emplois et de richesses (ER). Il est mesuré par le nombre total d'emplois créés, liés d'une part à l'utilisation d'une technologie de production donnée dans un site potentiel, et d'autre part à la localisation dans une région donnée d'un site de production ou d'un centre de distribution. Les deuxième et troisième critères sociaux concernent respectivement, la santé des consommateurs et la sécurité des employés. Le premier critère est mesuré par la part totale de matières potentiellement dangereuses contenue dans les produits fabriqués due à l'utilisation d'une technologie particulière. Le second critère est mesuré par le nombre total de jours perdus à l'issue d'un accident du travail, dû à l'utilisation d'une technologie en particulier.

5 CONCLUSION

À l'issue de l'analyse de la littérature, nous pouvons tirer 3 conclusions majeures :

- Les travaux existants n'accordent pas suffisamment d'intérêt à la performance sociale. Ainsi, les modèles proposés dans la littérature ne reflètent pas réellement le principe du triple bilan sur lequel repose la transposition des aspects du DD aux opérations industrielles, autrement dit, l'opérationnalisation de la performance durable.
- Le manque d'intégration des aspects du DD dans la littérature est, de notre point de vue, dû à l'absence de l'appréhension de la réalité multidimensionnelle et multicritères de la performance ainsi qu'au manque de recul vis-à-vis de l'évaluation de la performance. En effet, à l'exception de quelques travaux comme par exemple Pishvae et al. (2012) qui ont d'abord spécifié un système d'évaluation de la performance (parties prenantes, attentes des parties prenantes, mesures, etc.) avant

³ <http://www.nrel.gov/analysis/jedi/>

d'aborder la modélisation mathématique, dans la majeure partie des cas, les auteurs abordent la modélisation mathématique sans s'attarder sur la performance qu'ils souhaitent modéliser.

- Par ailleurs, l'étude du front de Pareto en vue d'analyser l'articulation des différents critères de la performance durable entre eux et de proposer ainsi un large panel de solutions au décideur est une pratique encore rare dans la littérature. Nous avons recensé, d'une part, 16 travaux qui ont eu recours à la modélisation mono-objectif, soit en ramenant les critères environnementaux en coût monétaire, soit en minimisant l'objectif économique et l'objectif environnemental tour à tour. D'autre part, lorsque le problème est approché avec la programmation bi-objectifs ou multi-objectifs, dans la plupart des cas, une simple agrégation pondérée (avec un seul jeu de poids) des objectifs ou des écarts de ces objectifs avec leurs cibles respectives (goal programming) est adoptée. Or, dans ce cas, les possibilités de choix de solutions sont très limitées et des solutions présentant des compromis plus intéressants peuvent être inexploitées. En particulier, sur l'ensemble des trois travaux qui ont intégré la performance sociale, seuls Pérez-Fortes *et al.* (2012) ont étudié les solutions de compromis entre les 3 dimensions de la performance durable.

Ainsi, malgré l'avancée faite dans le domaine de la RO depuis quelques années, pour l'intégration des critères du DD dans les modèles de conception et de planification des CL, le champ pour réaliser d'autres recherches reste très vaste. A notre sens, d'autres disciplines comme l'évaluation de la performance et les sciences de gestion pourraient significativement enrichir les modèles de la RO, en fournissant par exemple, des cadres d'analyse permettant de mieux cerner les objectifs et les paramètres à intégrer dans les modèles de RO.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre gratitude à la région Rhône-Alpes qui a soutenu financièrement notre action à travers une allocation de recherche.

REFERENCES

- Abdallah, T., A. Farhat, A. Diabat & S. Kennedy (2012). Green supply chains with carbon trading and environmental sourcing: Formulation and life cycle assessment. *Applied Mathematical Modelling*. 36, p. 4271-4285.
- Achillas, C., D. Aidonis, Ch. Vlachokostas, N. Moussiopoulos, G. Baniass & D. Triantafyllou (2012). A multi-objective decision-making model to select waste electrical and electronic equipment transportation media. *Resources, Conservation and Recycling*. 66, p. 76-84.
- Akgul, O., N. Shah & L.G. Papageorgiou (2012). An optimisation framework for a hybrid first/second generation bioethanol supply chain. *Computers and Chemical Engineering*. 42, p. 101-114.
- Amin, S.H. & G. Zhang (2012a). A multi-objective facility location model for closed-loop supply chain network under uncertain demand and return. *Applied Mathematical Modelling*. 37(6), p. 4165-4176.
- Amin, S.H. & G. Zhang (2012b). An integrated model for closed-loop supply chain configuration and supplier selection: Multi-objective approach. *Expert Systems with Applications*. 39, p. 6782-6791.
- Aramyan, L.H., R. Hoste, W. van den Broek, J. Groot, H. Soethoudt, T. Lan, T. Nguyen, J.E. Hermansen & J.G.A.J van der Vorst (2011). Towards sustainable food production: a scenario study of the European pork sector. *Journal on Chain and Network Science*. 11(2), p. 177-189.
- Baumann E. (2011). *Modèles d'évaluation des performances économique, environnementale et sociale dans les chaînes logistiques*. Thèse de doctorat. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France.
- Bennekrouf, M., L. Benyoucef & Z. Sari (2010). Problèmes de conception et pilotage des chaînes logistiques inverses et globales : Etat de l'art. In *8th International Conference of Modeling and Simulation (MOSIM'10)*. 10-12 Mai, Hammamet, Tunisia.
- Bing, X., J.J. Groot, J.M. Bloemhof-Ruwaard & J.G.A.J. van der Vorst (2013). Multimodal network design for sustainable household plastic recycling. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 43(5/6), p. 452-477.
- Bojarski, A.D., J.M. Laínez, A. Espuna & L. Puigjaner (2009). Incorporating environmental impacts and regulations in a holistic supply chains modeling: An LCA approach. *Computers and Chemical Engineering*. 33, p. 1747-1759.
- Bostel, N., P. Dejax & Sawadogo M. (2012). A modeling framework for procurement of a retail distribution system with economic and environmental goals. *9th International Conference on Modeling Optimization and Simulation*. June 6-8, Bordeaux, France.
- Boukherroub, T., A. Ruiz, A. Guinet & J. Fondrevelle (2013). An Integrated Approach for the Optimization of the Sustainable Performance: a Wood Supply Chain. *IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control (MIM'2013)*. June 19-21, Saint-Petersburg Russia.
- Bouzembrak, Y, H. Allaoui, E. Masson, H. Bouchriha & M. Baklouti, 2010. Sustainable multimodal supply chain design for recycling waterways sediments. In *8th International Conference of Modeling and Simulation (MOSIM'10)*. 10-12 Mai, Hammamet, Tunisia.
- Chaabane, A., A. Ramudhin, M. Kharoune & M. Paquet (2011a). Trade-off model for carbon market sensitive sustainable supply chain network design. *International Journal of Operational Research*. 10, p. 416-441.
- Chaabane, A., A. Ramudhin & M. Paquet (2011b). Designing supply chains with sustainability considerations. *Production Planning and Control Journal*. 22, p. 727-741.
- Chaabane, A., A. Ramudhin & M. Paquet (2012). Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme. *International Journal of Production Economics*. 135, p. 37-49.
- Chung, S.H., R.D. Weaver & T.L. Friesz (2013). Strategic response to pollution taxes in supply chain networks: Dynamic, spatial, and organizational dimensions. *European Journal of Operational Research*. 231, p. 314-327.
- CMED (1987). *Notre avenir à tous*, Oxford, United Kingdom: Oxford University Press. 432 p.
- Commission européenne (2001). *Promouvoir un cadre européen pour la responsabilité sociale des entreprises-Livre vert*, Luxembourg : Communautés européennes, 31 p.
- Corsano, G., A.R. Vecchiotti & J.M. Montagna (2011). Optimal design for sustainable bioethanol supply chain considering detailed plant performance model. *Computers and Chemical Engineering*. 35, p. 1384 - 1398.
- Dekker, R., J. Bloemhof & I. Mallidis, 2012. Operations Research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research*. 219, p. 671 - 679.
- Dotoli, M., M.P. Fanti, C. Meloni & M.C. Zhou (2005). A Multi-level approach for network design of integrated supply chains. *International Journal of Production Economics*. 43(20), p. 4267-4287.
- Dotoli, M., M.P. Fanti, C. Meloni & M.C. Zhou (2006). Design and optimization of integrated e-supply chain for agile and environmentally conscious manufacturing. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*. 36(1), p. 62-75.
- Elhedhli, S. & R. Merrick (2012). Green supply chain network design to reduce carbon emissions. *Transportation Research Part D*. 17, p. 370-379.
- Elkington, J. (1998). *Cannibals with Forks: the Triple Bottom Line of 21st Century Business*, News Society Publishers.
- Eskandarpour, M., S.H. Zegordi, & E. Nikbaksh (2013). A parallel variable neighborhood search for the multi-objective sustainable post-sales network design problem. *International Journal of Pro-*

- duction Economics. 145(1), p. 117-131. Ferretti, I., S. Zaroni, L. Zavanella & A. Diana (2007). Greening the aluminium supply chain. *International Journal of Production Economics*. 108, p. 236-245.
- Fonseca, M.C., A. García-Sánchez, M. Ortega-Mier & F. Saldanha-da-Gama (2010). A stochastic bi-objective location model for strategic reverse logistics. *Top*. 18, p. 158-184.
- Giannikos, I. (1998). A multiobjective programming model for locating treatment sites and routing hazardous wastes. *European Journal of Operational Research*. 104, p. 330-342.
- Giarola, S., S. Shah & F. Bezzo (2012). A comprehensive approach to the design of ethanol supply chains including carbon trading effects. *Bioresource Technology*. 107, p. 175-185.
- GRI (2007). *Sustainability Reporting Guidelines (G3)*, 45 p. The Netherlands: Global Reporting Initiative.
- Gruat La Forme-Chretien, F. (2007). *Référentiel d'évaluation de la performance d'une chaîne logistique - Application à une entreprise de l'ameublement*. Thèse de doctorat. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France.
- Guillén-Gosalbez, G. & I.E. Grossmann (2009). Optimal design and planning of sustainable chemical supply chains under uncertainty. *AIChE Journal*. 55(1), p. 99-121.
- Guillén-Gosalbez, G. & I.E. Grossmann (2010). A global optimization strategy for the environmentally conscious design of chemical supply chains under uncertainty in the damage assessment model. *Computers and Chemical Engineering*. 34, p. 42-58.
- Hugo, A. & E.N. Pistikopoulos (2005). Environmentally conscious long-range planning and design of supply chain networks. *Journal of Cleaner Production*. 13, p. 1471-1491.
- Hugo, A., P. Rutter, S. Pistikopoulos, A. Amorelli & G. Zoia (2005). Hydrogen infrastructure strategic planning using multi-objective optimization. *International Journal of Hydrogen Energy*. 30, p. 1523-1534.
- ISO (2006). ISO 14040. Environmental management - Life Cycle assessment - Goal and scope definition, 20p. Geneva: ISO.
- ISO (2010). ISO 26000. Guidance on social responsibility, 127 p. Geneva: ISO.
- Jamshidi, R., S.M.T. Fatemi Ghomi & B. Karimi (2012). Multi-objective green supply chain optimization with a new hybrid memetic algorithm using the Taguchi method. *Scientia Iranica, Transactions E: Industrial Engineering*. 19(6), p. 1876-1886.
- Jolly C. (2006). *L'entreprise responsable, sociale éthique, "verte"... et bénéficiaire?* Editions du Félin, Paris, France.
- Krikke, H., J. Bloemhof-Ruwaard & L.N. Van Wassenhove (2003). Concurrent product and closed-loop supply chain design with an application to refrigerators. *International Journal of Production Research*. 41(16), p. 3689-3719.
- Luo, Y., M.C. Zhou & R.J. Caudill (2001). An Integrated e-supply chain model for agile and environmentally conscious manufacturing. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*. 6(4), p. 377-386.
- Mallidis, I., R. Dekker & D. Vlachos (2012). The impact of greening on supply chain design and cost: a case for a developing region. *Journal of Transport Geography*. 22, p. 118-128.
- Mele, F.D., G. Guillén-Gosalbez & L. Jiménez (2009). Optimal Planning of Supply Chains for Bioethanol and Sugar Production with Economic and Environmental Concerns. in *19th European Symposium on Computer Aided Process Engineering – ESCAPE19*. Cracow, Poland.
- Mele, F.D., A.M.Kostin, G. Guillén-Gosalbez & L. Jiménez (2011). Multiobjective model for more sustainable fuel supply chains. A case study of the sugar cane industry in Argentina. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 50(9), p. 4939-4958.
- Mirzapour Al-e-hashem, S.M.J., A. Baboli, & Z. Sazvar (2013). A stochastic aggregate production planning model in a green supply chain: Considering flexible lead times, nonlinear purchase and shortage cost functions. *European Journal of Operational Research*. 230, p. 26-41
- Nagurney, A., Z. Liub & T. Woolley (2006). Optimal endogenous carbon taxes for electric power supply chains with power plants. *Mathematical and Computer Modelling*. 44, p. 899-916.
- Nagurney, A. & L.S. Nagurney (2010). Sustainable supply chain network design: a multicriteria perspective. *International Journal of Sustainable Engineering*. 3(3), p. 189-197.
- Nema, A.K. & S.K. Gupta (1999). Optimization of regional hazardous waste management systems: an improved formulation. *Waste Management*, 19, p. 441-451.
- OECD (2000). Text of the OECD Guidelines for Multinational Enterprises, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development. 65 p.
- Paksoy, T., N.Y. Pehlivan & E. Özceylan (2012). Fuzzy Multi-Objective Optimization of a Green Supply Chain Network with Risk Management that Includes Environmental Hazards. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. 18(5), p. 1120 - 1151.
- Pati, R.K., P. Vrat, & P. Kumarc (2008). A goal programming model for paper recycling system. *Omega*. 36, p. 405-417.
- Pérez-Forbes, M., J.M. Láinez-Aguirre, P. Arranz-Piera, E. Velo & L. Puigjaner (2012). Design of regional and sustainable bio-based networks for electricity generation using a multi-objective MILP approach. *Energy*. 44, p. 79-95.
- Pinto-Varela, T., A.P.F.D. Barbosa-Póvoa & A.Q. Novais (2011). Bi-objective optimization approach to the design and planning of supply chains: Economic versus environmental performances. *Computers and Chemical Engineering*. 35, p. 1454-1468.
- Pishvae, M.S., J. Razmi & S.A. Torabi (2012). Robust possibilistic programming for socially responsible supply chain network design: A new approach. *Fuzzy Sets and Systems*. 206, p. 1 - 20.
- Pishvae, M.S. & J. Razmi (2012). Environmental supply chain network design using multi-objective fuzzy mathematical programming. *Applied Mathematical Modelling*. 36, p. 3433 - 3446.
- Pourmohammadi, H., M. Rahimi & M. Dessouky (2008). Sustainable Reverse Logistics for Distribution of Industrial Waste/Byproducts: A Joint Optimization of Operation and Environmental Costs. *Supply Chain Forum: An International Journal*. 9, p. 2 - 17.
- Pozo, C., R. Ruiz-Femenia, J. Caballero, G. Guillén-Gosalbez & L. Jimenez (2012). On the use of Principal Component Analysis for reducing the number of environmental objectives in multi-objective optimization: Application to the design of chemical supply chains. *Chemical Engineering Science*. 69(1), 146-158.
- Quariguas Frota Neto, J., J.M. Bloemhof, J.A.E.E. Van Nunen & E. Van Heck (2008). Designing and evaluating sustainable logistics network. *International Journal of Production Economics*. 111, p. 195-208.
- Quariguas Frota Neto, J., G. Waltherb & J.M. Bloemhof (2010). From closed-loop to sustainable supply chains: the WEEE case. *International Journal of Production Research*. 48 (15), p. 4463-4481.
- Rubio, S., A. Chamorro & F.J. Miranda (2008). Characteristics of the research on reverse logistics (1995 - 2005). *International Journal of Production Research*. 46(4), p. 1099 - 1120.
- Sabio, N., A. Kostin, G. Guillén-Gosalbez & L. Jiménez (2012). Holistic minimization of the life cycle environmental impact of hydrogen infrastructures using multi-objective optimization and principal component analysis. *International Journal of hydrogen energy*. 37, p. 5385-5405.
- SCC (2008). *Supply Chain Operations Reference Model*, 651 p. Cypress, Texas, Etats-Unis: Supply Chain Council. Available at: <http://supply-chain.org/>.
- Shaw, K., S.S. Yadav & L.S. Thakur (2012). Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain. *Expert Systems with Applications*. 39, p. 8182 - 8192.
- Shiue, Y. & C. Lin (2012) Applying analytic network process to evaluate the optimal recycling strategy in upstream of solar energy industry. *Energy and Buildings*. 54, p. 266 - 277.
- Subramanian, R., B. Talbot & S. Gupta (2010). An Approach to Integrating Environmental Considerations Within Managerial Decision-Making. *Journal of Industrial Ecology*. 14, p. 378 - 398.
- Tekiner-Mogulkoc, H., D.W. Coit & F.A. Felder (2012). Electric power system generation expansion plans considering the impact of Smart Grid technologies. *Electrical Power and Energy Systems*. 42, p. 229-239.
- Wang, F., X. Lai & N. Shi (2011). Multi-objective optimization for green supply chain network design. *Decision Support Systems*. 51(2). p. 262-269.
- You, F., L. Tao, D.J. Graziano & S.W. Snyder (2011). Optimal Design of Sustainable Cellulosic Biofuel Supply Chains: Multiobjective Optimization Coupled with Life Cycle Assessment and Input-Output Analysis. *AIChE Journal*. 58, p. 1157-1180.
- You, F. & B. Wang (2011). Life Cycle Optimization of Biomass-to-Liquids Supply Chains with Distributed-Centralized Processing Networks. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 50, p. 10102-10127.

**ANNEXE : Classification de la littérature par référence suivant le type de modélisation et le cadre d'application
(industriel et réglementaire)**

Référence	Énergie	Matériaux	Industrie	Consommation discretionnaire	Consommation non cyclique	Santé	Finance	Technologies de l'information	Télécommunica- tions	Services aux collectivités
Giannikos (1998)		X								
Nema and Gupta (1999)		X								
Luo et al. (2001)								X		
Krikk et al. (2003)				X						
Dotoli et al. (2005)								X		
Hugo et al. (2005)		X								
Hugo et Pistikopoulos (2005)		X								
Dotoli et al. (2006)								X		
Nagurney et al. (2006)										X
Ferretti et al. (2007)		X								
Pati et al. (2008)		X								
Pourmohammadi et al. (2008)		X								
Quariguasi Frota Neto et al. (2008)		X								
Bojarski et al. (2009)		X								
Gillen-Gosalbéz et Grossman (2009)		X								
Mele et al. (2009)		X								
Bouzemrak et al. (2010)		X								
Fonseca et al. (2010)		X								
Gillen-Gosalbéz et Grossman (2010)		X								
Nagurnay and Nagurney (2010)										
Subramanian et al. (2010)				X						
Aramyan et al. (2011)					X					
Corsano et al. (2011)		X								
Chaabane et al. (2011a)		X								
Chaabane et al. (2011b)		X								
Mele et al. (2011)		X								
Pinto-Varela et al. (2011)		X								
Pozo et al. (2012)		X								
Wang et al. (2011)										
You et al. (2011)		X								
You and Wang (2011)		X								
Abdallah et al. (2012)								X		
Achillas et al. (2012)				X				X		
Agkul et al. (2012)		X								
Amin et Zhang (2012a)			X							
Amin et Zhang (2012b)								X		
Bostel et al. (2012)										
Chaabane et al. (2012)		X								
Elhedhli and Merrick (2012)										
Eskandarpour et al. (2013)										
Giarola et al. (2012)		X								
Jamshidi et al. (2012)										
Mallidis et al. (2012)				X						
Paksoy et al. (2012)										
Pérez-Fortes et al. (2012)		X								
Pishvaei et al. (2012a)						X				
Pishvaei and Razmi (2012)						X				
Sabio et al. (2012)		X								
Shaw et al. (2012)				X						
Shiue et Lin (2012)										X
Tekiner-Mogulkoc et al. (2012)										X
Bing et al. (2013)		X								
Boukherroub et al. (2013)		X								

Chung <i>et al.</i> (2013)										
Mirzapour <i>et al.</i> (2013)		X								

Tableau 3 : Classification de la littérature suivant le type d'industrie

Référence	Émission de GES	Génération de polluants	Réutilisation des ressources
Krikk <i>et al.</i> (2003)			X
Nagurney <i>et al.</i> (2006)	X		
Ferretti <i>et al.</i> (2007)		X	
Pourmohammadi <i>et al.</i> (2008)		X	
Quariguasi Frota Neto <i>et al.</i> (2008)			X
Bojarski <i>et al.</i> (2009)	X		
Mele <i>et al.</i> (2009)	X		
Bouzembrak <i>et al.</i> (2010)	X		
Fonseca <i>et al.</i> (2010)		X	X
Nagurnay and Nagurney (2010)	X		
Subramanian <i>et al.</i> (2010)	X		
Aramyan <i>et al.</i> (2011)	X		
Corsano <i>et al.</i> (2011)		X	
Chaabane <i>et al.</i> (2011a)	X		
Chaabane <i>et al.</i> (2011b)	X		
Abdallah <i>et al.</i> (2012)	X		
Achillas <i>et al.</i> (2012)			X
Agkul <i>et al.</i> (2012)	X		
Chaabane <i>et al.</i> (2012)	X		
Elhedhli and Merrick (2012)	X		
Eskandarpour <i>et al.</i> (2013)	X		
Giarola <i>et al.</i> (2012)	X		
Shaw <i>et al.</i> (2012)	X		
Bing <i>et al.</i> (2013)	X		
Chung <i>et al.</i> (2013)		X	
Mirzapour <i>et al.</i> (2013)	X	X	

Tableau 4 : Classification suivant la réglementation environnementale

Référence	Modèle mono-objectif	Modèle bi-objectif	Modèle multi-objectif (>2)	Modèle multi-critères
Giannikos (1998)			X	
Nema and Gupta (1999)		X		
Luo <i>et al.</i> (2001)			X	
Krikk <i>et al.</i> (2003)			X	
Dotoli <i>et al.</i> (2005)			X	X
Hugo <i>et al.</i> (2005)		X		
Hugo et Pistikopoulos (2005)				
Dotoli <i>et al.</i> (2006)	X		X	
Nagurney <i>et al.</i> (2006)	X			
Ferretti <i>et al.</i> (2007)	X			
Pati <i>et al.</i> (2008)			X	
Pourmohammadi <i>et al.</i> (2008)		X		
Quariguasi Frota Neto <i>et al.</i> (2008)		X		
Bojarski <i>et al.</i> (2009)			X	
Gillen-Gosalbés et Grossman (2009)		X		
Mele <i>et al.</i> (2009)		X		
Bouzembrak <i>et al.</i> (2010)		X		
Fonseca <i>et al.</i> (2010)		X		
Gillen-Gosalbés et Grossman (2010)		X		
Nagurnay and Nagurney (2010)	X			

Subramanian <i>et al.</i> (2010)	X			
Aramyan <i>et al.</i> (2011)	X			
Corsano <i>et al.</i> (2011)	X			
Chaabane <i>et al.</i> (2011a)		X		
Chaabane <i>et al.</i> (2011b)		X		
Mele <i>et al.</i> (2011)		X		
Pinto-Varela <i>et al.</i> (2011)		X		
Pozo <i>et al.</i> (2012)			X	
Wang <i>et al.</i> (2011)				
You <i>et al.</i> (2011)			X	
You and Wang (2011)		X		
Abdallah <i>et al.</i> (2012)	X			
Achillas <i>et al.</i> (2012)			X	
Agkul <i>et al.</i> (2012)	X			
Amin et Zhang (2012a)	X		X	
Amin et Zhang (2012b)			X	X
Bostel <i>et al.</i> (2012)		X		
Chaabane <i>et al.</i> (2012)		X		
Elhedhli and Merrick (2012)	X			
Eskandarpour <i>et al.</i> (2013)			X	
Giarola <i>et al.</i> (2012)	X			
Jamshidi <i>et al.</i> (2012)		X		
Mallidis <i>et al.</i> (2012)	X			
Paksoy <i>et al.</i> (2012)			X	X
Pérez-Fortes <i>et al.</i> (2012)			X	
Pishvaei <i>et al.</i> (2012a)		X		
Pishvaei and Razmi (2012)		X		
Sabio <i>et al.</i> (2012)		X		
Shaw <i>et al.</i> (2012)			X	X
Shiue et Lin (2012)				X
Tekiner-Mogulkoc <i>et al.</i> (2012)			X	
Bing <i>et al.</i> (2013)	X			
Boukherroub <i>et al.</i> (2013)		X		
Chung <i>et al.</i> (2013)	X			
Mirzapour <i>et al.</i> (2013)	X			

Tableau 5 : Classification suivant le type de modélisation mathématique