

## UN MODÈLE D'ÉVALUATION DU TRANSPORT INTERMODAL AU SEIN DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE VERTE

D. ANCIAUX

LGIPM/SdP – INRIA projet COSTEAM  
Université Paul Verlaine – Metz  
Île du Saulcy, 57045 Metz Cedex1, France  
[anciaux@univ-metz.fr](mailto:anciaux@univ-metz.fr)

Y. KUN

LGIPM/SdP  
Université Paul Verlaine – Metz  
Île du Saulcy, 57045 Metz Cedex1, France  
[yuankun\\_hust@yahoo.fr](mailto:yuankun_hust@yahoo.fr)

**RÉSUMÉ :** Dans cet article, nous proposons un modèle d'aide à la décision intégrée avec la prise en compte des moyens de transport intermodaux, visant à définir les modalités que doit avoir la fonction transport afin de l'optimiser tant aux points de vue économique, que performance environnementale. En effet, d'importance stratégique pour le monde industriel et économique, les transports ont cependant un impact sur l'environnement qui n'a plus besoin d'être démontré. L'augmentation quasi exponentielle des flux, entre entreprises, nécessite aujourd'hui une démarche globale dans l'évaluation de la performance et du management du transport industriel.

**MOTS-CLÉS :** Chaîne logistique verte, Impact environnemental, Transport, Modélisation et Optimisation.

### 1. Introduction

L'introduction du Protocole de Kyoto en 1997 et l'annonce par la Commission Européenne en 2007 sur l'engagement de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 20% jusqu'en 2020 représente des étapes très importantes pour limiter les émissions de gaz à effet de serre. En outre, l'introduction de la norme de certification ISO 14000 attire l'attention sur la performance du Système de Management Environnemental des entreprises. On remarque, ainsi, que les exigences environnementales en Europe sont de plus en plus rigides. En prenant cela en compte, pour les choix des systèmes de transport intermodal dans une chaîne logistique, on peut considérer les effets environnementaux, comme la pollution, la consommation d'énergie, les nuisances sonores et un ensemble d'autres facteurs, comme le coût et le temps, pour sa performance. C'est ce que nous nous proposons de développer dans ce papier. Comment intégrer l'impact environnemental dû à la fonction transport au sein de la chaîne logistique. Dans un premier temps, nous montrons la problématique de l'intégration des moyens de transport au sein de la chaîne logistique verte, puis nous proposons un modèle d'aide à la décision permettant d'optimiser le choix de la meilleure solution du transport intermodal enfin nous concluons.

### 2. Chaîne logistique verte et transport intermodal

La globalisation de l'économie et la mondialisation des échanges, que vivent les entreprises d'aujourd'hui donne naissance à des entreprises multi sites possédant des centres de production et des centres de distribution répartis sur de grandes zones géographiques.

Pendant longtemps, la fonction distribution du produit (utilisant divers moyens de transport) n'a pas été prise en compte dans la gestion de la chaîne logistique (Érenguc *et al.*, 1999). Cette fonction a été le plus souvent gérée par des prestataires externes à la chaîne logistique. Sa, non intégration ne permettait donc pas d'en mesurer la performance, et donc d'en contrôler le coût.

La croissance escomptée du transport de marchandises par mode au sein de l'union européenne (figure 1) va inciter les décideurs à prendre des mesures pour en limiter leur utilisation et surtout d'en limiter leurs impacts environnementaux. En effet, à l'heure des grandes prises de conscience environnementales au niveau planétaire, (Kyoto, Göteborg,...), les entreprises et les prestataires de service, entre autres les transporteurs, ne pourront pas rejeter indéfiniment sur la collectivité leurs coûts environnementaux et seront, selon toute vraisemblance, soumis à de lourdes taxes environnementales dans les prochaines années.

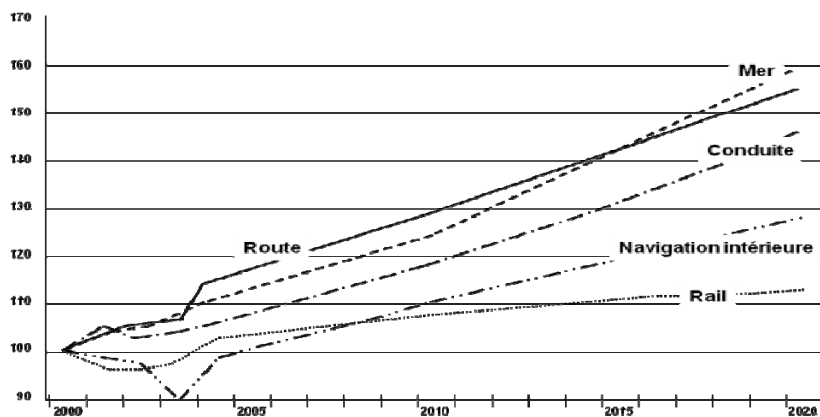


Figure 1. Croissance escomptée des différents moyens de transport

## 2.1. Chaîne logistique verte

L'intégration du coût environnemental des moyens de transport dans la chaîne logistique est peu citée dans la littérature. L'article de Beamon (1999) propose de redéfinir la chaîne logistique actuelle pour y intégrer la contrainte liée à l'environnement à travers le concept de « Supply Chain Environmental Management » (SCEM) ou celui de « Green Supply Chain ». L'article justifie l'intégration de cette contrainte dans le modèle par l'état actuel de la situation environnementale, l'évolution de la législation vis-à-vis des problèmes engendrés par la pollution (par exemple EURO 5 pour l'union européenne), et la pression de l'opinion publique qui est de plus en plus attentive aux questions environnementales et aux actions menées pour réduire la pollution. Beamon propose une réorganisation de la chaîne logistique dans son ensemble sans toutefois y aborder clairement les moyens de transport.

Bontekoning *et al.* (2004) souligne l'importance de choisir le moyen de transport mais peu de travail sont fait sur le calcul du coût de transport en tenant compte des impacts environnementaux. Tsamboulas *et al.* (2000) propose une approche combinant l'analyse multicritère et l'analyse des coûts pour évaluer les impacts environnementaux du transport. Dans l'article d'Anciaux *et al.* (2005) traitant de la prise en compte des moyens de transport dans le cadre d'une chaîne logistique environnementale, l'impact environnemental des moyens de transport est introduit dans le modèle sous un aspect coût. Le modèle d'aide à la décision intégrée avec la prise en compte des moyens de transport intermodaux développé dans l'article, vise à définir les modalités que doit avoir la fonction transport afin de l'optimiser tant aux points de vue économique, performance qu'environnemental.

Il se révèle donc stratégique de considérer les moyens de transport pour diverses raisons : mieux contrôler la part économique du transport dans l'élaboration d'un produit, mais aussi considérer toutes les conséquences liées aux moyens de transport (figure 2) : pollution par les combustibles utilisés, pollution sonore... entraînant

un impact sur l'environnement de moins en moins acceptable.

## 2.2. Modèles de l'intégration production/transport

Dans l'intégration production/transport, pour choisir le mode de transport, il est nécessaire de prendre en compte les contraintes de l'environnement extérieur, les contraintes techniques et commerciales du produit, ainsi que l'impact sur les coûts, la qualité et la sécurité de tous les modes de transport intervenant dans l'expédition. La difficulté réside dans le fait que les différentes contraintes ne peuvent pas être prises de manière séquentielle. En effet, chaque décision conditionne et influence, à des degrés divers, les autres choix à faire tout le long de la chaîne logistique. Enfin, le choix logistique du transport constitue le prolongement indispensable de la politique commerciale de l'entreprise (Hu Qinghe *et al.*, 2001). Les nombreux modèles proposés pour l'intégration production/transport ont, en général, pour but de proposer le chemin le plus court entre deux points tout en assurant le délai de livraison acceptable. Dans Barnhart *et al.* (1993), les auteurs proposent un modèle d'évaluation pour réduire le coût du transport de chaque expédition en considérant le coût du transport total et le coût inventaire. Dullaet *et al.* (2005) présente un algorithme évolutionniste pour déterminer la combinaison optimale des moyens de transport par route pour réduire le coût logistique, les coûts de transport et les coûts d'inventaire. Janic (2006) développe un modèle pour calculer les coûts internes et externes du transport intermodal et les comparer avec le coût de fret. Il y a également certains travaux sur la minimisation du nombre de transbordements, c'est-à-dire le nombre de changements de mode de transport visant à garantir la sécurité optimale des marchandises ou des personnes transportées, (Boussedjra *et al.*, 2003). Burekert *et al.* (2000) développe un modèle d'intelligence artificielle et multi-agent pour choisir le chemin le moins cher et le meilleur.

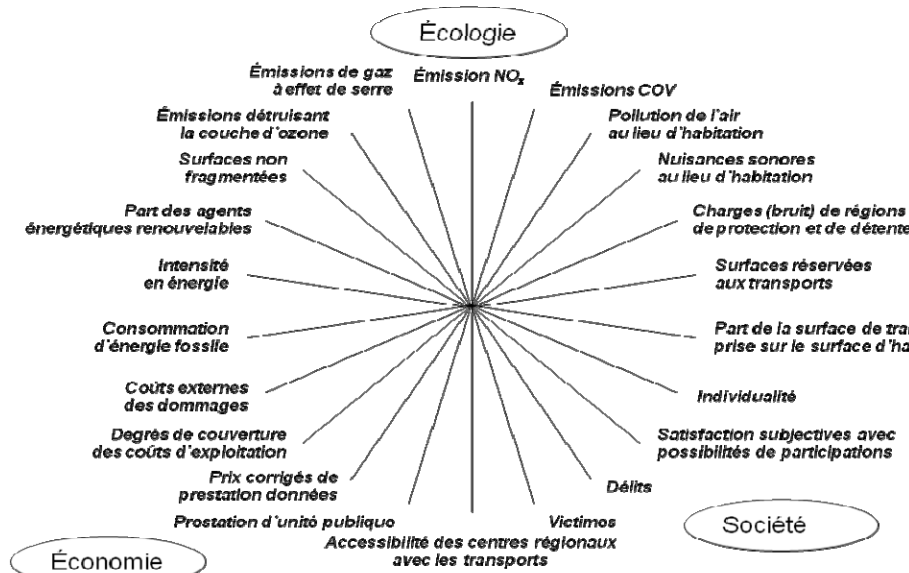


Figure 2. Roue de l'impact

### 3. Modèle théorique

Le modèle développé ici permet de caractériser les coûts externes et internes des transports. Dans ce modèle, on distinguera le coût du transporteur pour répondre à la demande du fournisseur, le coût en termes d'émissions de gaz polluants ainsi que les coûts en termes d'impacts environnementaux autres que l'émission de gaz polluants.

#### 3.1. Hypothèses

Nous supposons que le transport est sans stockage intermédiaire de longue durée et que plusieurs moyens de transport peuvent être utilisés successivement. Ainsi il est possible, pour acheminer une marchandise, d'effectuer un transport, soit direct (un seul mode de transport), soit indirect (au moins deux modes de transport). Les moyens de transport envisagés dans ce modèle sont les suivants : train, camion, bateau et avion. L'écriture du modèle général permet toutefois de prendre en compte chaque spécificité des moyens de transport évoquée ci-dessus.

#### 3.2. Coût d'expédition

Pour les problèmes intermodaux, l'évaluation de l'expédition comprend le coût du transport (inclus les frais de camionnage et de transport longue distance), le coût d'inventaire (le coût d'inventaire pendant la période de transit et le coût de stockage sécurité, qui est habituellement ignoré dans les décisions) et le coût du transbordement.

#### 3.2.1. Coût du transport

Le coût du transport comprend ici les frais de camionnage et de transport longue distance.

$$C_{1,i_k} = (\mu_i + \xi_i + (1 - \xi_i) \cdot \sqrt{(Q/A - \mu_i B) / B}) \begin{bmatrix} c_{i_k,fix} \\ + c_{i_k}(d_{i_k}) \\ + c_{i_k}(t_{i_k}) \\ + c_{i_k}(d_{i_k}, t_{i_k}) \end{bmatrix}$$

Avec :

$$0 \leq \xi_i \leq 1$$

$$\mu_{ci} = (\mu_{1ci} - 1)$$

$$si \max\left(\left[\frac{Q}{CQ_{ci}}\right], \left[\frac{V}{CV_{ci}}\right]\right) = \max\left(\frac{Q}{CQ_{ci}}, \frac{V}{CV_{ci}}\right)$$

$$sinon \mu_{ci} = \mu_{1ci}$$

$$\mu_{1ci} = \max\left(\left[\frac{Q}{CQ_{ci}}\right], \left[\frac{V}{CV_{ci}}\right]\right)$$

$$B = CQ_{i_i}, si \frac{Q}{CQ_{i_i}} > \frac{V}{CV_{i_i}}, sinon B = CV_{i_i}$$

$$A = 1 si \frac{Q}{CQ_{i_i}} > \frac{V}{CV_{i_i}}, sinon A = Q/V$$

$c_{i_k,fix}$  : coût fixe du transporteur pour l'utilisation du moyen de transport i dans la zone k.

$c_{i_k}(d_{i_k})$  : coût de déplacement en devise par unité de déplacement pour l'utilisation du moyen de transport i dans la zone k, incluant l'usure du véhicule, consommation de carburant ou électrique.

- $c_{i_k}(t_{i_k})$  : coût d'utilisation en devise par unité de temps pour le moyen de transport i dans la zone k.
- $c_{i_k}(d_{i_k}, t_{i_k})$  : coût d'utilisation en devise par unité de temps et déplacement pour le moyen de transport i dans la zone k.
- $d_{i_k}$  : distance parcourue en unité de déplacement par le moyen de transport i dans la zone k.
- $t_{i_k}$  : durée d'utilisation en unité de temps du moyen de transport i dans la zone k.
- $Q$  : masse des produits transportés en unité de poids.
- $V$  : volume des produits transportés en unité de volume.
- $CQ_i$  : capacité de charge en unité de poids du moyen de transport i.
- $CV_i$  : capacité en volume en unité de volume du moyen de transport i.
- $A$  : Coefficient capacité (charge ou volume)
- $B$  : Coefficient capacité (charge ou volume)
- $\mu_i$  : nombre (d'unité -1) du moyen de transport i
- $\zeta_i$  : Coefficient de prise en charge du moyen de transport i

### 3.2.2 Coût de l'inventaire

Le coût de l'inventaire est la somme du coût de l'inventaire in-transit et du coût du stockage de sécurité. Le coût de stockage sécurité est en général beaucoup plus petit que le coût de l'inventaire in-transit, il est donc habituellement ignoré. Le coût de l'inventaire in-transit est proportionnel à la durée de déplacement, c'est-à-dire :

$$C_{2,i_k} = N \cdot c_{2,i} \cdot t_{i_k}$$

- $l$  : nombre d'unités de produits transportés.
- $c_{2,i}$  : coût de l'inventaire in-transit de moyen du transport i pour les produits par unité de produit et de temps.

### 3.2.3 Coût de transbordement

A certains terminaux de la zone k à la zone k+1, les conteneurs sont transbordés d'un moyen de transport à un autre moyen de transport. Plusieurs types d'équipements sont utilisés pour les transborder. Le coût de transbordement vaut donc :

$$C_{3,i_k} = C_{i_k, j_{k+1}} \times h_{k,k+1} \times f \times \left( \mu_{ci} + \zeta_{ci} + (1 - \zeta_{ci}) \cdot \sqrt{(Q/A - \mu_{ci} \cdot B) / B} \right)$$

- $C_{i_k, j_{k+1}}$  : coût de transbordement par conteneur de la zone k du moyen de transport i à la zone k+1 du moyen de transport j.
- $f$  : facteur de fragilité de produit.
- $h_{k,k+1}$  : facteur de transbordement entre la zone k et la zone k+1.

- =1 s'il y a du transbordement entre la zone k et la zone k+1
- =0 s'il n'y a pas.

### 3.2.4 Nombre de transbordements

Le nombre de transbordements est une contrainte importante si le produit est fragile ou périssable, comme les légumes, les fleurs etc.

Pour le nombre de transbordements, il y a deux points importants à noter : premièrement, on ne considère pas le transbordement au chargement (au début) et au déchargement, partie à l'extrémité de la chaîne d'approvisionnements, parce que c'est exactement le même procédé pour chaque modèles intermodaux; deuxièmement, pour simplifier le calcul, le nombre de transbordements n'est pas calculé selon les temps nécessaire à transborder des conteneurs mais selon qu'il y a ou pas de changement de moyen du transport sur la borne de chaque zone correspondante.

Avec les hypothèses ci-dessus, nous obtenons :

$$M = \sum_{k=1}^{K-1} h_{k,k+1} \quad \text{pour les produits fragiles,} \\ 0 \leq M \leq 2.$$

### 3.2.5 Coût total

Avec les modèles présentes ci-dessus, le coût d'expédition dans la zone k avec le moyen du transport i est :

$$C_{i_k} = \sum_{j=1}^3 C_{j,i_k}$$

Et le coût d'expédition total est :

$$C = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I C_{i_k} x_{i_k}$$

## 3.3 Les impacts environnementaux

Trois types d'impacts environnementaux sont considérés dans notre modèle : la pollution atmosphérique, la pollution sonore et les risques.

### 3.3.1 La pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique du transport a des effets de plus en plus importants sur l'environnement, on peu citer : la pollution atmosphérique locale, pollution atmosphérique globale, etc. Les émissions atmosphériques considérées ici incluent le CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HC et la poussière. La pollution totale est donc :

$$I_g = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I x_{i,k} (\mu_i + \xi_i + (1 - \xi_i) \sqrt{(Q/A - \mu_i B)/B}) \cdot d_{i,k} \cdot \sum_{t=1}^J e_{i,t}(Q, V)$$

$I_g$  : Pollutions atmosphériques totales pendant l'expédition.  
 $e_{i,t}$  : unité de pollution atmosphérique t par unité de poids transportée par l'unité de déplacement pour le moyen du transport i.

### 3.3.2 La pollution sonore

La pollution sonore attire de plus en plus l'attention et son coût est décrit comme :

$$B = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I x_{i,k} Q \cdot d_{i,k} \cdot \beta_i$$

$B$  : coût de la pollution sonore pendant la période d'expédition.  
 $\beta_i$  : coût de la pollution sonore en devise par le poids transporté et de déplacement kilométrique.

### 3.3.3 Les risques

L'évaluation des risques est extrêmement importante pour le transport des marchandises dangereuses en choisissant des stratégies intermodales. Dans notre cadre, le risqué d'accidents est évalué comme suit :

$$C_r = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I x_{i,k} c_r \gamma_{i,k} d_{i,k}$$

$c_r$  : coût d'accidents par unité de déplacement de moyen du transport i dans la zone k.  
 $\gamma_{i,k}$  : fréquence d'accident de moyen du transport i dans la zone k.

### 3.4 L'évaluation du temps de transport

Le temps d'expédition est la somme des temps de transport et des temps de transbordement, c'est-à-dire :

$$T = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I x_{i,k} (t_{i,k} + h_{k,k+1} \cdot f \cdot t_{h,i_k:j_{k+1}})$$

$t_{i,k}$  : temps de transport dans la zone k avec le moyen du transport i.  
 $t_{h,i_k:j_{k+1}}$  : temps de transbordement de la zone k et le moyen du transport i à la zone k+1 et le moyen du transport j.

## 4. Implantation et simulation

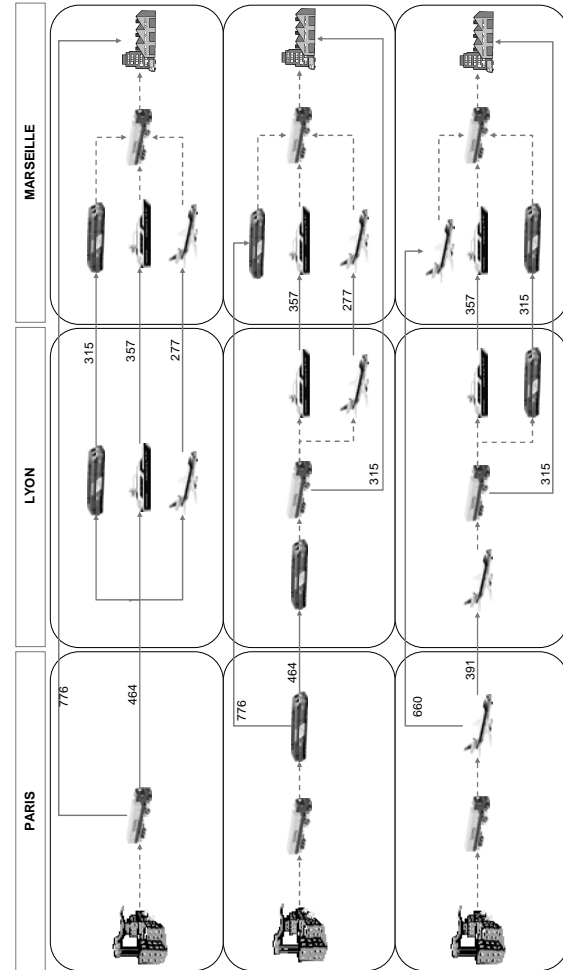


Figure 3. Exemple de réseau de transport

Le modèle est appliqué à un exemple de réseau de transport entre Paris et Marseille défini sur la figure 3.

On suppose que :

1. 1000 tonnes de marchandises sont fournies de l'usine Peugeot à Aulnay-sous-Bois à Paris au centre industriel de Marseille. Il y a 12 possibilités pour la combinaison intermodale de moyen du transport. Et les statistiques de distance utilisées dans le modèle sont basées sur le rapport et recherchées grâce aux informations fournies par Air France, Michelin, SNCF et Google Earth.
2. Les unités de chargement pour les trains et les bateaux sont hypothétiquement de 20 pieds (un TEU ou 20 pieds d'unité équivalente – norme européenne). Chaque unité a un poids moyen de 12 tonnes (European Commission, 2001). Et la charge d'un camion de fret est fixée à 30 tonnes par véhicule.
3. Les coûts de transbordement sont définis largement par l'endroit et la capacité des bornes. On suppose qu'ici le coût de transbordement est 27€TEU à la gare, 50€TEU au port et 45€ par unité de

chargement à l'aéroport (European Commission, 2001).

4. Les statistiques sont définies selon les études (Knorr, 2005).

En adaptant les paramètres ci-dessus au modèle, nous pouvons obtenir les résultats du tableau 1 suivant :

	M	$C_1$ (euros)	$C_3$ (euros)	T (heures)
Chemin 01	0	43445	0	38,8
Chemin 02	2	27721	2242	50,8
Chemin 03	2	27750	4153	58,8
Chemin 04	2	33024	1487	31,3
Chemin 05	2	<b>4994</b>	2242	54,1
Chemin 06	4	5205	6395	72,4
Chemin 07	4	12816	3730	46,6
Chemin 08	2	20901	2242	52,4
Chemin 09	2	12319	4153	<b>9,2</b>
Chemin 10	4	11385	5640	44,9
Chemin 11	4	12598	3730	38,2
Chemin 12	2	25374	1487	23,3
Minimum	0	4994	0	9,2

	$I_g$ (kg)	B (euros)	$C_r$ (euros)	$C_e$ (kgJ)
Chemin 01	1838	5742	5.90	749
Chemin 02	1107	4463	3.55	597
Chemin 03	1105	3448	3.54	685
Chemin 04	2660	6098	3.73	2955
Chemin 05	<b>53</b>	2638	<b>0.165</b>	<b>367</b>
Chemin 06	58	<b>1655</b>	0.180	456
Chemin 07	1690	4549	0.619	2726
Chemin 08	791	3949	2.53	523
Chemin 09	3660	6170	0.304	5974
Chemin 10	2235	3857	0.390	3776
Chemin 11	2294	5050	0.580	3688
Chemin 12	2889	5907	2.49	3843
Minimum	53	1655	0.165	367

Table 1 : Résultats

M : nombre de transbordement ;  $C_1$  : coût de transport ;  $C_3$  : coût de transbordement ; T : temps de transport ;  $I_g$  : pollution atmosphérique ; B : pollution sonore ;  $C_r$  : évaluation des risques ;  $C_e$  : consommation d'énergie.

Pour les produits dangereux et périssables, les routes 6, 7, 10, 11 sont exclus du choix parce que leur nombre de transbordement est supérieur à 2. En comparant les différents coûts et les impacts environnementaux de chaque itinéraire, pour les produits normaux, le chemin 5 est le meilleur choix quand on considère les critères comme le coût du transport, la pollution atmosphérique, les risques d'accidents et la consommation d'énergie; le chemin 9 est le meilleur en temps de transport lorsque ce critère est plus important pour les clients, et le chemin 6 est celui avec le moins

pollution sonore. Un récapitulatif des minimums est donné sur le tableau 2.

Critère	Chemin	Choix intermodal	Valeur minimum
Coût de transport	05	camion/ train/camion	4994
Coût de transbordement	01	camion	0
Temps	09	camion/ avion/camion	9,2
Pollution atmosphérique	05	camion/ train/camion	53
Pollution sonore	06	camion/ train/bateau/ camion	1655
Risque	05	camion/ train/camion	0.165
Consommation d'énergie	05	camion/ train/camion	367

Table 2 : Récapitulatif des minimums

## 5. Conclusion

Dans ce papier, la chaîne logistique que nous considérons est un réseau d'entreprises où chaque acteur occupe un niveau globalement défini par la nomenclature du produit fini (Anciaux *et al.*, 2005). Nous avons développé un modèle mathématique permettant d'intégrer la fonction transport au sein d'une chaîne logistique en tenant compte de son impact environnemental. Ce modèle se veut le plus générique possible pour pouvoir intégrer un ensemble de contrainte propre à chaque entreprise de transport. Ainsi, lorsqu'un fournisseur doit sélectionner un transporteur pour une commande particulière, il interroge chacun des candidats potentiels et choisit parmi les réponses proposées. Les réponses sont paramétrées en fonction de l'objectif du fournisseur : minimisation du coût de transport, du temps de transport ou de l'impact environnemental, ... Ces réponses sont calculées pour chaque transporteur en se basant sur le modèle mathématique décrit. Actuellement nous évaluons la qualité des différentes solutions fournies par les transporteurs en intégrant séparément les différents aspects que sont le coût, le temps, l'impact environnemental, ... Nous en déduisons un chemin optimal pour le transport de la marchandise du fournisseur au client : celui peut être constitué de sous-chemins utilisant des moyens de transport différents.

À ce jour, le programme développé ne permet d'optimiser qu'un seul critère à la fois quant au choix du moyen de transport. Une approche multicritères est un cours de développement (AHP, ELECTRE, ...). De plus, il est nécessaire de tenir compte, non seulement des performances locales de chacune des entreprises partenaires, mais aussi des performances globales liées aux relations interentreprises et à l'impact du transport

industriel sur l'environnement. Il faudra donc notamment définir un indicateur de performance globale du transport intermodal.

Ce modèle vise l'intégration dans la plateforme de pilotage réactif de la chaîne logistique (Monteiro *et al.*, 2006) actuellement en cours de développement au sein du LGIPM (Laboratoire de Génie Industriel et de Production Mécanique) de l'Université Paul Verlaine – Metz, France.

## 6. Bibliographie

- Anciaux D., Roy D. et Mirdamadi S. (2005) Un Modèle de Simulation d'une Chaîne Logistique avec prise en Compte des Moyens de Transports Intermodaux, *Proceedings of 5<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur la Conception et la Production Intégrées (CPI'05)*, Casablanca, Maroc.
- Barnhart C., Donald Ratliff H. (1993) Modeling Intermodal Routing, *Journal of Business Logistics*, 14(1), p. 205-223.
- Beamon B.M. (1999) Designing the Green Supply Chain, *Logistics Information Management*, 12(4), p. 332-342.
- Bontekoning, Y.M., Macharis, C. and Trip, J.J. (2004) Is a new applied transportation research field emerging? A review of intermodal rail-truck freight transport literature, *Transportation Research*, A(39), p. 1-34.
- Boussedjra M., Bloch C. and El Moudni A. (2003) Solution optimale pour la recherche du meilleur chemin intermodal, *Proceedings of 4th Conférence Francophone de Modélisation et Simulation*, Toulouse, France.
- Bürckert H-J., Funk P. and Vierke G. (2000) An intercompany dispatch support system for intermodal transport chains, *Proceedings of the 33rd Hawaii, International Conference on System Sciences*, Hawaii, USA.
- Dullaet W., Maes B., Cernimmen B., Witlox F. (2005) An evolutionary algorithm for order splitting with multiple transport alternatives, *Expert Systems with Applications*, 28, p. 201-208.
- Erenguc S. S., Simpson N. C. and Vakharia A. J. (1999) Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review, *European Journal of Operational Research*, 11(2), p. 219-236.
- European Commission (2001) Real Cost Reduction of Door-to-door Intermodal Transport – RECORDIT, *Proceedings of European Commissions, Directorate General DG VII, RTD 5th Framework Programme*, Brussels, Belgium.
- Hu Qinghe, Arun Kumar and Zhang S. (2001) A bidding decision model in multi-agent supply chain planning, *International Journal of Production Research*, 39(15), p. 3291-3301.
- Janic M. (2007) Modeling the full costs of an intermodal and road freight transport network, *Transportation Research*, Part D(12), p. 33-44.
- Knorr W. (2005) *EcoTransIT: Environmental Methodology and Data*, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.
- Monteiro T., Roy D. and Anciaux D. (2006) Multi site resources planning using MAS, *Computers In Industry*, 58(4), p. 367-377.
- Tsamoulas, D. and Mikroudis, G. (2000) EFECT - evaluation framework of environmental impacts and costs of transport initiatives, *Transportation Research*, Part D(5), p. 283-303.