



HAL
open science

Les économies d'échelle dans le transport maritime de lignes régulières

Pierre Cariou

► **To cite this version:**

Pierre Cariou. Les économies d'échelle dans le transport maritime de lignes régulières. Les Cahiers Scientifiques du Transport / Scientific Papers in Transportation, 2000, 37 | 2000, pp.75-96. 10.46298/cst.11983 . hal-04147682

HAL Id: hal-04147682

<https://hal.science/hal-04147682v1>

Submitted on 30 Jun 2023

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

LES ECONOMIES D'ECHELLE DANS LE TRANSPORT MARITIME DE LIGNES REGULIERES

PIERRE CARIOU

LABORATOIRE D'ECONOMIE DE NANTES

CENTRE D'OBSERVATION ET DE RECHERCHES SUR LES RESSOURCES

AQUATIQUES ET LES INDUSTRIES DU LITTORAL (CORRAIL)

La conteneurisation, qui s'est étendue au transport maritime depuis son introduction par MAC LEAN en 1956, a eu de nombreuses implications d'ordre technique, logistique et commercial sur l'organisation du marché du transport maritime de lignes régulières (CNUCED, 1975 ; JANSON, SCHNEERSON, 1982). Par la standardisation de l'unité de charge, le conteneur a notamment permis de réduire le coefficient d'encombrement de la marchandise dans la cale du navire et d'accroître la productivité à quai des terminaux.

Dans le même temps, le conteneur a entraîné la formation d'ententes techniques entre opérateurs maritimes depuis 1966 (DOUET, 1985). Les ententes techniques correspondent à des partenariats entre opérateurs maritimes de lignes régulières qui peuvent comprendre une fixation commune des horaires de voyage, l'échange d'espaces (ou « *slots* ») sur les navires, l'utilisation en commun (« *pooling* ») de navires, le recours à un bureau d'exploitation commun, l'exploitation en commun de terminaux portuaires, la participation à un pool de tonnage ou de recettes et une structure de commercialisation commune (Commission européenne - RCEE 870/95).

Elle se justifie principalement par la nature de l'offre de transport maritime de lignes régulières qui comprend notamment de fortes indivisibilités, et d'importants coûts fixes (DAVIES, 1983a, 1983b, 1990 ; DAVIES *et alii*, 1995). L'analyse des économies d'échelle dans le transport maritime de lignes régulières est dès lors un sujet d'étude récurrent pour ce marché. En effet, au delà de l'estimation d'un phénomène technique qui voit le coût moyen décroître avec l'augmentation de la taille des navires, la mesure des économies d'échelle est porteuse d'enjeux sur ce marché.

Les économies d'échelle sont un moyen de justifier l'existence d'accords techniques (consortia, alliances de capacité) entre opérateurs maritimes puisque montrer que le coût moyen décroît avec la taille des navires pour un marché comportant de forts coûts fixes, c'est démontrer que par la collaboration sur l'achat des navires ou encore par l'exploitation en commun des services, les armateurs visent principalement à réduire les coûts. Pour autant, « l'automaticité » de cette règle n'existe que si les gains issus de la gestion en commun sont « effectivement » transférés aux utilisateurs du service. Or, sur ce dernier point, la baisse continue des taux de fret sur les marchés lors des années quatre-vingt dix apparaît, aux yeux des armateurs, comme une preuve de la « transférabilité » des gains du producteur vers les consommateurs.

La consolidation des armateurs sur les principales routes maritimes Est/Ouest depuis le début des années quatre-vingt dix par la fusion d'entreprises ou par l'extension des ententes techniques via les alliances de capacité s'explique en partie par la réponse des armateurs à la demande formulée par les chargeurs, d'une plus grande qualité de l'offre des services maritimes. Elle s'exprime principalement par la demande d'une plus grande fréquence et d'une plus large couverture géographique maritime ou terrestre des services (HEAVER, 1994, 1996 ; SLACK *et alii*, 1996 ; SLACK *et alii*, 1999) et se retrouve notamment dans la recherche par les armateurs, de l'exploitation de nouvelles économies d'échelle.

Les travaux de THORBURN (1960), MCKINSEY AND CO. INC. (1967), GOSS et MANN (1974), RYDER et CHAPPELL (1979), GILMAN (1980 ; 1983 ; 1999) JANSON et SCHNEERSON (1982 ; 1987), PEARSON (1988) ou TAILLEY (1990) soulignent dans le même temps que l'utilisation de navires de grande taille est optimale aussi longtemps que les économies d'échelle en mer sont supérieures aux déséconomies d'échelle aux ports.

Cet article s'intéresse à la mesure des économies d'échelle sur le marché des lignes régulières (section 1) et en propose une mesure alternative (section 2) pour laquelle le temps au port dépend du nombre de conteneurs à manutentionner relativement à la taille du navire ou taux moyen d'enlèvement, c'est-à-dire du nombre de conteneurs à charger et décharger en moyenne pour chaque port d'escale. Elle se différencie ainsi de l'analyse traditionnelle du temps au port fondée sur la productivité et la densité

(nombre) des grues affectées à un navire (JANSON, SCHNEERSON, 1982, 1987 ; CULLINANE *et alii*, 1999) et qui fait de ces facteurs les principaux déterminants de la taille optimale des navires. Cet article (section 3) souligne que le choix de la taille des navires à positionner par les opérateurs ne se fonde pas uniquement sur des critères de disponibilité des ressources (nombre de navires, taille des navires) et de capacité d'accueil et de traitement des ports, mais que des contraintes commerciales sont également à prendre en considération (maximisation des taux de remplissage, taux d'enlèvement aux ports).

1. ANALYSE TRADITIONNELLE DES ECONOMIES D'ECHELLE LIEES A LA TAILLE DES NAVIRES

Les années quatre-vingt dix sont marquées par la croissance de la taille moyenne des navires en opération sur les principales routes maritimes Est/Ouest (tableau 1).

Tableau 1 : Nombre de porte-conteneurs en opération en fonction de leur taille en 1990, 1995 et 1999

Taille en evp*	1990	1995	1999	90-95	95-99
3250-4249	63	151	217	+ 88	+ 66
4250 et +	5	43	138	+ 38	+ 95

Source : Lloyd's Shipping Economist et Alphaliner (1999)

* L'Equivalent Vingt Pieds (evp) correspond à la taille standard d'un conteneur de vingt pieds de long. Le terme anglo-saxon correspondant est le Twenty Feet Equivalent Unit (teu).

A la suite de cette croissance, les économistes se sont logiquement interrogés sur les changements qui se sont opérés dans les économies d'échelle en mer, et les déséconomies d'échelle au port. Le tableau 2 présente par exemple une analyse des caractéristiques techniques du plus grand navire en opération en 1991 et en 1998 (BAIRD, 1999).

Tableau 2 : Caractéristiques techniques du plus grand navire en opération en 1991 et 1998

	Longueur (m.)	Largeur (m.)	Tirant d'eau (m.)	Nb. de rangées sur le pont	Capacité (evp)
1991	294	32,2	12,6	13	4 400
1998	300	42,8	13	17	6 690
1991-98	+ 2 %	+ 33 %	+ 3 %	+ 31 %	+ 52 %

Source : d'après BAIRD (1999:143).

La croissance de la capacité de 4 400 evp à 6 690 evp (soit + 52 %) passe principalement par l'accroissement de la largeur des navires (de 32,2 mètres

à 42,8 mètres soit + 33 %) et du nombre de rangées de conteneurs sur le pont (de 13 à 17 soit + 31 %). Il apparaît que le changement de conception des navires explique la croissance de la capacité de transport des navires en mer, mais n'a pas permis pour autant de réduire les contraintes techniques au port et lors du passage des canaux (Panama et Suez). BAIRD (1999) ou encore GILMAN (1999) considèrent, dans une analyse prospective, que la croissance de la taille maximale des navires se trouve limitée, à terme, par le renforcement des contraintes nautiques au port pour des navires de plus de 10 000 evp.

C'est dans la modification des déséconomies d'échelle au port au cours des années quatre-vingt dix que de nombreux auteurs ont recherché l'explication de la croissance observée de la taille moyenne des navires en activité depuis le début des années quatre-vingt dix.

Sur ce point, les articles de CULLINANE et KHANNA (1997 ; 1999) et CULLINANE *et alii* (1999) semblent aujourd'hui faire l'unanimité. D'après les auteurs, il existe aujourd'hui des économies d'échelle au port pour les navires d'une taille inférieure à 1 500 evp, et si des déséconomies d'échelle se mettent en place pour des navires d'une capacité supérieure à 1 500 evp, elles sont aujourd'hui d'une faible ampleur.

Les auteurs se fondent pour le démontrer sur une étude menée par CONTAINERISATION INTERNATIONAL (1994) auprès de 14 ports en 1994 qui révèle que la productivité portuaire, et donc le temps au port pour des navires de grande taille, s'est profondément élevée sous l'effet de :

- la croissance de la productivité des portiques qui est estimée à environ 22 evp/heure en 1994, alors qu'à titre de comparaison, la productivité des grues dans l'étude de JANSON et SCHNEERSON en 1987 est de l'ordre de 12 evp/heure ;
- l'accroissement du nombre de grues (ou densité portuaire) affectées aux navires de grande taille lors de leur arrivée au port.

Dès lors, en l'absence de contraintes sur le taux d'occupation des quais (effet de congestion portuaire), la modification de la productivité portuaire explique la diminution du différentiel de coût au port selon la taille des navires, et donc la croissance observée de la taille des navires.

Deux raisons poussent cependant à relativiser la conclusion selon laquelle la croissance observée de la taille des navires lors des années quatre-vingt dix s'explique uniquement par la croissance de la densité et de la productivité des grues.

1. Tout d'abord, la productivité portuaire à quai ne rend pas compte des effets de congestion. WATANABE (1999) observe par exemple, à la suite de l'arrivée de navires de grande taille, la circulation aux portes du terminal de Tokyo. Il constate qu'au plus fort de la journée, plus de

80 camions sont en attente, pour un temps d'attente moyen maximal de l'ordre de 4 heures. Ainsi, si les coûts liés à la pollution et à la facturation horaire du temps d'attente des camions sont internalisés, l'utilisation de navires de grande taille peut s'avérer économiquement injustifiée.

2. De plus, une étude de DREWRY SHIPPING CONSULTANT (1998) confirme que le temps au port ne varie plus que marginalement avec la taille du navire (environ 10 % des différences de temps au port), mais que l'explication ne réside pas uniquement dans l'évolution de la productivité des grues. La performance du terminal dépend également de l'horaire d'arrivée du navire, du nombre de conteneurs à manutentionner, de la capacité des chargeurs à livrer à temps les conteneurs pour l'embarquement, de la rapidité des formalités douanières, des conditions climatiques. Parmi ces facteurs, le plus significatif (pour environ 50 % de la performance) est pour le consultant le taux d'enlèvement. Il représente le nombre de conteneurs à charger et décharger dans un port relativement à la taille du navire. En effet, les responsables du chargement/déchargement d'un navire ont comme préoccupation première d'assurer, pour des raisons de sécurité, la stabilité du navire avant de se préoccuper des opérations de manutention portuaire. Il s'en suit qu'un navire de 500 evp, pour lequel 500 evp doivent être déchargés puis 500 evp chargés connaîtra une productivité par heure supérieure à celle d'un navire de 1 000 evp devant décharger 500 evp et charger 500 evp. De même, un navire qui doit (dé)charger 80 % de sa capacité connaît au port une productivité à quai équivalente quelle que soit sa taille. Le tableau de conversion suivant (tableau 3) synthétise les estimations de DREWRY SHIPPING CONSULTANT sur la relation entre le taux d'enlèvement dans un port et la productivité à quai d'un port.

Tableau 3 : Table de conversion entre le taux d'enlèvement et la productivité en 1997

Taux d'enlèvement	25 %	50 %	75 %	100 %
Containers/heure	14	19,5	24,9	30,4
evp/heure*	21	29,25	37,35	45,6

* taux de conversion de 1,5 afin de tenir compte de la répartition entre les conteneurs 20 pieds et les conteneurs 40 pieds.

Source : DREWRY SHIPPING CONSULTANT, 1998:65.

L'hypothèse selon laquelle la productivité à quai et donc le temps au port varie avec le nombre de conteneurs à (dé)charger est intégrée dans le modèle de la section suivante.

2. UN MODELE ALTERNATIF D'ESTIMATION DES ECONOMIES D'ECHELLE EN MER ET AU PORT

La méthode la plus courante dans la détermination de la Taille Minimale Optimale du navire pour le transport maritime de lignes régulières est celle qui correspond d'après la typologie de PRATTEN (1988) à « la méthode de l'ingénieur ». Elle consiste à identifier les coûts qui varient avec la taille du navire, puis à trouver des relations significatives entre la variation de chacun de ces coûts et la taille des navires. Une autre méthode fréquemment rencontrée consiste à collecter par interview auprès d'armateurs, le coût moyen selon différentes tailles de navires (GILMAN, 1999) ou différents types de service (LIM, 1996 ; GOUVERNAL, 1997). Elle a cependant l'inconvénient de ne pas intégrer les sauts technologiques qui peuvent exister (même si, pour des porte-conteneurs intégraux, on peut avancer que la technologie reste standard), et surtout, de ne pas donner lieu in fine, à la détermination d'une forme fonctionnelle de coût.

Le choix retenu porte donc sur la première méthode, bien qu'elle ne soit pas non plus exempte de reproches. Elle ne capture pas, par exemple, la relation entre le niveau de la production et la qualité du service. En outre, en se focalisant sur les coûts, elle ne considère pas non plus le décalage entre la taille du navire et son taux d'utilisation. Or la rentabilité, et donc le choix du navire le plus adéquat pour un marché donné, se fait sur l'arbitrage entre les recettes tirées de son exploitation et les coûts de son utilisation.

Deux sources principales d'économies d'échelle existent. Elles proviennent de la relation non proportionnelle entre le coût en capital et le coût en carburant et la taille du navire. A l'origine, se trouvent deux caractéristiques techniques qui font que :

1. le coût en capital s'accroît avec le coût en acier et donc avec la surface de la coque, alors que la capacité de transport du navire s'accroît avec son volume ;
2. du fait de propriétés physiques de résistance de la coque dans l'eau, la puissance au frein du moteur et donc la consommation en carburant croît de façon non proportionnelle avec la taille du navire.

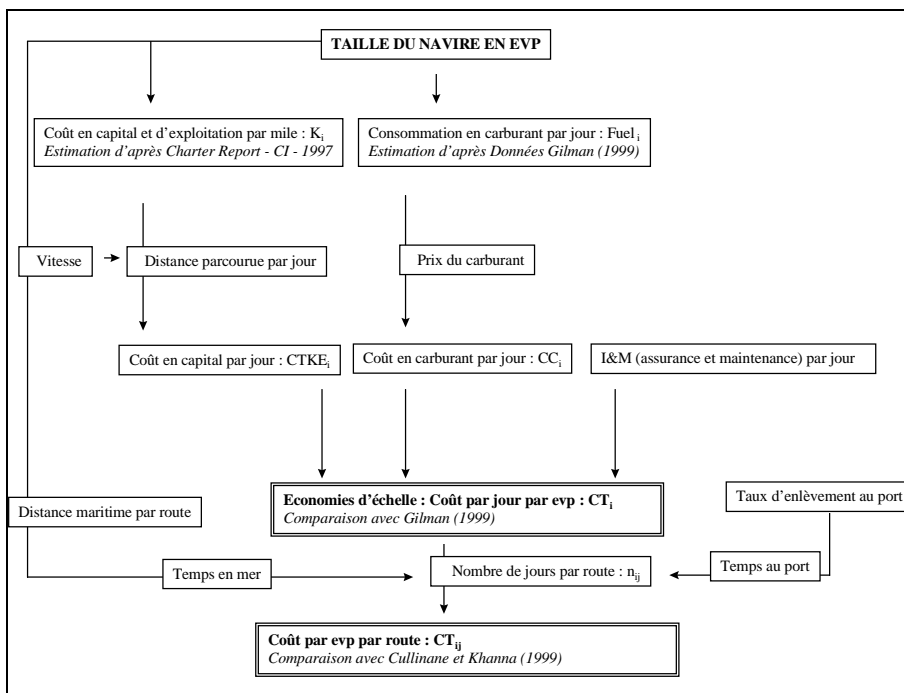
Le graphique 1 présente les facteurs retenus dans le modèle pour le calcul du coût moyen par jour selon la taille des navires (CT_i) soit :

$$CT_i = \frac{CTKE_i + I \& M_i + CC_i}{EVP_i} \quad (1)$$

avec :

CT_i	le coût journalier moyen selon la taille des navires i ;
$CTKE_i$	le coût journalier en capital et en travail ;
$I\&M_i$	le coût journalier en assurance et maintenance ;
CC_i	le coût journalier en carburant ;
EVP_i	la taille en evp d'un navire i .

Graphique 1 : Le modèle d'estimation des économies d'échelle



Les annexes présentent le détail des calculs. L'estimation du coût en capital et en travail ($CTKE_i$) est issue de données du marché de l'affrètement des navires et non pas du prix du marché de la construction neuve (pour CULLINANE *et alii*, 1999). Les résultats finaux sont comparés à ceux de GILMAN pour un navire de 3 500 evp et 7 000 evp (tableau 4).

Le modèle a l'avantage de donner lieu, contrairement à GILMAN, à une forme fonctionnelle de coût moyen et ce, quelle que soit la taille du navire (graphique 3). Par contre, l'estimation par les données du marché de l'affrètement ne permet pas de distinguer le coût en capital du coût en travail. Si l'on se réfère aux résultats de GILMAN pour lesquels le coût en équipage est équivalent pour les deux tailles de navire, la chute du coût moyen en capital et en travail ($CTKE_i$) s'explique principalement par la réduction du coût en capital par evp.

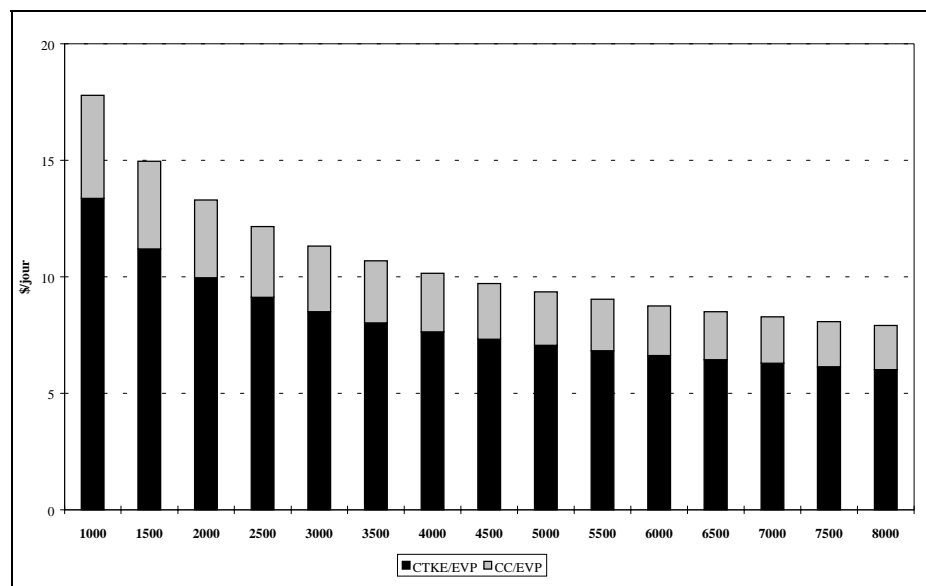
Le graphique 2 donne la mesure du coût moyen de transport par jour d'un evp selon la taille du navire. Il se fonde sur l'hypothèse que les navires sont utilisés à 100 % de leur capacité. Une deuxième étape dans l'estimation du modèle porte sur le passage de la mesure d'un coût par evp et par jour à la mesure d'un coût par evp et par route maritime. Deux éléments sont à réintégrer à savoir le temps passé en mer et le temps passé au port.

Tableau 4 : Comparaison du coût en mer en \$/jour en 1997

	Panamax de 3 500 evp		Post Panamax de 7 000 evp	
	Gilman	Modèle	Gilman	Modèle
Coût en capital	18 886		31 477	
Equipage	1 714	-	1 714	-
CTKE _i	20 600	22 072	33 191	33 972
I&M	6 000	6 000	10 000	10 000
<i>Total</i>	<i>26 600</i>	<i>28 072</i>	<i>43 191</i>	<i>43 972</i>
Moteur Principal	11 250	9 292	18 750	13 992
Moteur Auxiliaire	600	-	600	-
Total Carburant *	11 850	9 292	19 350	13 992
<i>Total par jour en mer</i>	<i>38 450</i>	<i>37 364</i>	<i>62 541</i>	<i>57 964</i>
<i>Coût par evp</i>	<i>10,98</i>	<i>10,67</i>	<i>8,93</i>	<i>8,28</i>

* Prix du Fuel = 75 \$ par tonne comme dans GILMAN, 1999

Graphique 2 : Economies d'échelle liées au capital (CTKE_i) et au carburant (CC_i) en evp/\$/jour en 1997



Pour estimer le temps passé en mer, il s'avère que plus un navire est grand, plus il est en général récent et rapide. Cet élément provient de l'intégration des avancées technologiques de l'architecture navale. Avec l'accroissement de la taille des navires, il s'avère donc qu'il existe également un avantage à la grande taille lié, pour un voyage donné, à la réduction du temps en mer.

L'effet multiplicateur entre la taille du navire et le temps en mer est cependant limité dès lors que l'on considère que la croissance de la taille du navire joue proportionnellement sur le temps au port. Le coût total moyen

par route maritime j selon la taille du navire (CT_{ij}) est déterminé en multipliant le coût total moyen journalier (CT_i), par le temps en mer et le temps au port selon la taille des navires et la route maritime j (n_{ij}) soit :

$$CT_{ij} = n_{ij} * CT_i \quad (2)$$

avec :

CT_{ij} le coût moyen de positionnement d'un navire i sur une route j ;
 n_{ij} le nombre de jours en mer et au port pour le navire i sur la route j ;
 CT_i le coût journalier moyen d'un navire i .

Le nombre de jours que met un navire i pour offrir un service j comprend le temps au port ($Port_{ij}$) et le temps en mer.

$$n_{ij} = Port_{ij} + \frac{Dist_j}{24 * Vitesse_i} \quad (3)$$

avec :

n_{ij} le nombre de jours que le navire i met pour le service sur la route j ;
 $Port_{ij}$ le nombre de jours aux ports pour un navire de taille i pour un service j ;
 $Dist_j$ la distance maritime en miles nautiques pour le service j ;
 $Vitesse_i$ la vitesse en miles nautiques par heure du navire i .

Pour CULLINANE *et alii* (voir section 1), sous l'effet de l'accroissement de la productivité portuaire, le différentiel de temps au port entre des navires de grande et petite taille s'est réduit (croissance de la densité portuaire) lors des années quatre-vingt dix au point d'être aujourd'hui négligeable.

Dans notre modèle, le nombre de jours au port ($Port_{ij}$) dépend du taux d'enlèvement (voir les estimations de DREWRY SHIPPING CONSULTANT) et varie donc avec la taille du navire i . Ainsi, un navire pour lequel le nombre hypothétique de conteneurs à (dé)charger dans un port correspond à 100 % de sa capacité, connaît une productivité portuaire de 45,6 evp/heure quelle que soit sa taille. Sachant que la taille des navires n'est pas identique, un navire de grande taille passera plus de temps au port si la productivité est identique.

3. UNE APPLICATION EMPIRIQUE AUX ROUTES MARITIMES EST/OUEST EN 1997

Afin de comparer les résultats du modèle et ceux de CULLINANE et KHANNA (1999), leurs principales hypothèses sont reprises à savoir :

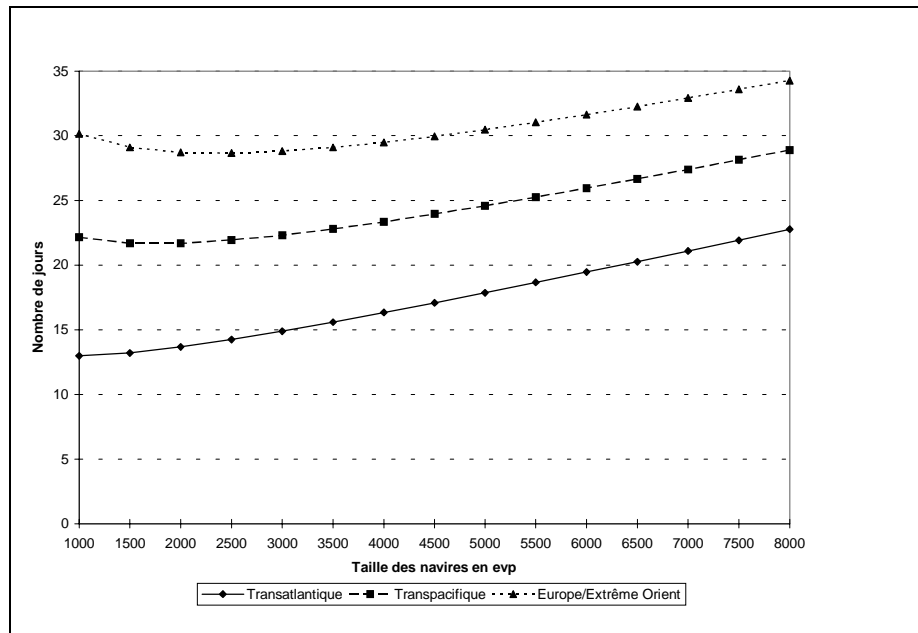
1. la distance maritime est de 4 000 miles nautiques pour le service transatlantique, 8 000 pour le Transpacifique et 11 500 pour le service Europe/Extrême Orient ;
2. le temps au port pour l'entrée, la documentation et la sortie est de 24 heures ;

3. les frais de port ou de manutention sont exclus ;
4. la capacité manutentionnée est de deux fois la capacité du navire, une fois au départ, une fois à l'arrivée.

Cette hypothèse retranscrite dans le modèle implique que le temps total de manutention de la totalité d'un navire sur l'ensemble des ports d'un service va être dans notre modèle, équivalent au temps de sa manutention sur deux ports (le premier et le dernier) pour un taux d'enlèvement de 100 %. Elle permet de ne pas avoir à poser d'hypothèses sur le nombre de ports du service et sur le taux d'enlèvement pour chaque taille de navires et pour chaque port.

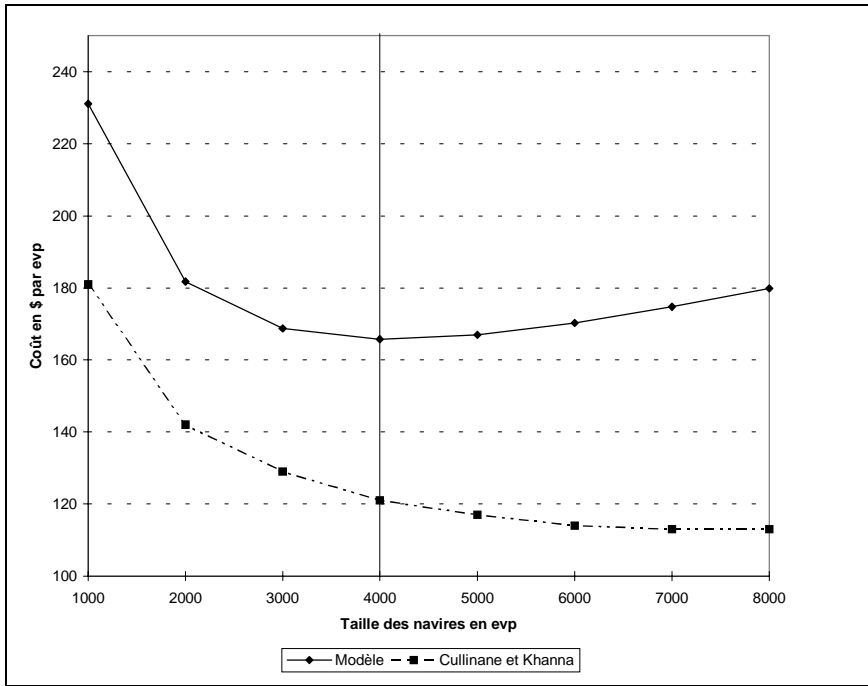
Comme souligné précédemment, l'hypothèse d'un taux d'enlèvement identique implique que chaque navire se voit appliquer la même productivité de 45,6 evp/heure (voir tableau 3), mais aussi que les navires de grande taille passent plus de temps au port. Le graphique 3 présente les résultats du calcul du nombre de jours en mer et au port selon les routes maritimes et selon la taille des navires (n_{ij}).

Graphique 3 : Nombre de jours en mer et au port (n_{ij}) :
taux d'enlèvement de 100 %

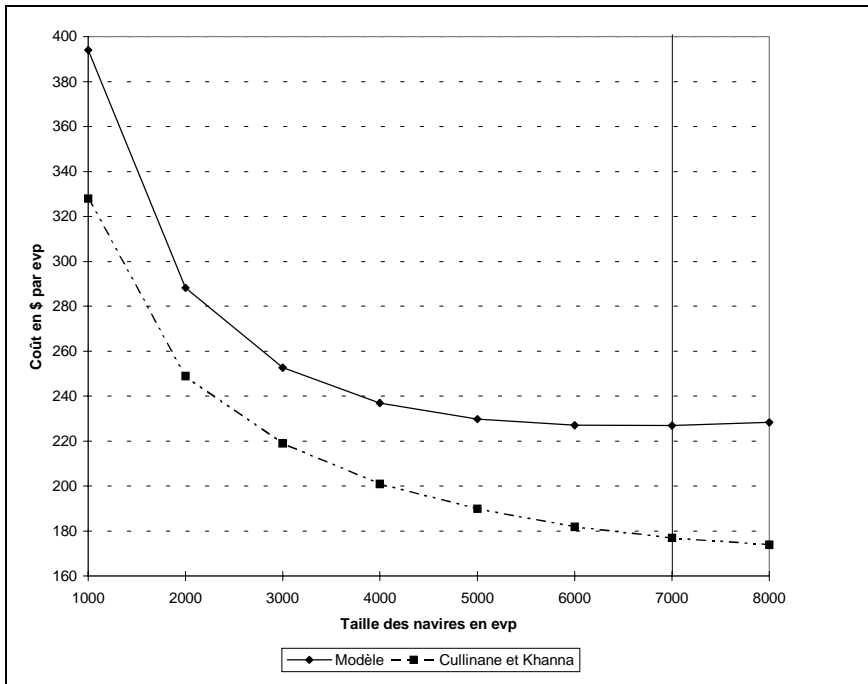


Le coût moyen par evp et par route maritime (CT_{ij}) en 1997 est repris ci-dessous pour le Transatlantique (graphique 4), le Transpacifique (graphique 5) puis l'Europe/Extrême Orient (graphique 6).

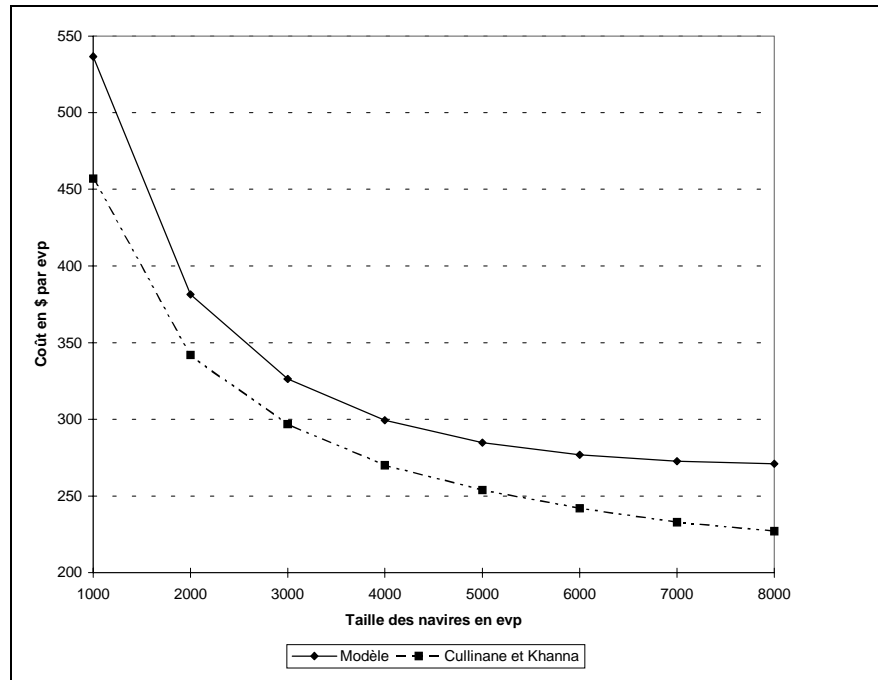
Graphique 4 : Coût moyen en \$ par evp en 1997 sur le Transatlantique



Graphique 5 : Coût moyen en \$ par evp en 1997 sur le Transpacifique



Graphique 6 : Coût moyen en \$ par evp en 1997
sur l'Europe/Extrême Orient



Il ressort de la comparaison des résultats que :

1. la hiérarchie des coûts selon les routes maritimes est similaire à celle de CULLINANE et KHANNA (1999), à savoir que l'Europe/Extrême Orient est la route sur laquelle le coût moyen est le plus important, puis le Transpacifique et enfin le Transatlantique ;
2. le temps au port (et donc le coût) est plus long dans notre modèle ce qui explique que le coût moyen est plus important quelle que soit la route maritime ;
3. il existe dans le modèle, contrairement à celui de CULLINANE et KHANNA, des effets de seuil au delà desquels il existe des déséconomies d'échelle. Ce niveau de seuil est d'environ 4 000 evp sur le Transatlantique et 7 000 evp sur la route maritime Transpacifique alors qu'il se trouve au delà des 8 000 evp pour l'Europe/Extrême Orient.

En outre, l'effet de la baisse du taux d'enlèvement de 100 % à 75 %, quelle que soit la taille des navires, est d'autant plus sensible que le temps au port est relativement important par rapport au temps en mer pour une route maritime (tableau 5 et graphiques 7, 8, 9).

Le modèle souligne ainsi que des économies d'échelle existent et qu'elles augmentent avec la distance maritime et le taux d'enlèvement au port. Bien qu'il néglige de nombreux éléments à prendre en considération et notamment ceux issus de l'incertitude de l'activité maritime (temps d'arrivée au port du navire selon les conditions climatiques, temps d'arrivée des marchandises au quai pour l'embarquement...) ou encore les effets de congestion portuaire (temps d'attente ou coûts environnementaux), le modèle avance que des déséconomies d'échelle subsistent toujours sur le marché des lignes régulières.

Or, l'analyse de la taille maximale des navires opérant sur les trois grands marchés Est/Ouest en 1997 pousse à considérer que ces effets de seuils existent (tableau 6).

Les données du tableau 6 confirment à la fois que le navire le plus grand est positionné sur la route maritime la plus longue (Europe/Extrême Orient), mais également que la taille maximale du navire varie significativement selon les routes maritimes (de 6 418 evp à 4 306 evp). Une explication réside bien évidemment dans la rareté des ressources du fait d'un nombre limité de navires disponibles sur le marché alors que cette hypothèse n'existe ni dans notre modèle ni dans celui de CULLINANE et KHANNA.

En outre, le fait que selon les lignes, les volumes à transporter et la nature de la demande (marchandises plus ou moins pondéreuses, à caractéristiques thermiques...) varient peut impliquer des taux de remplissage différents qui ne sont pas ici intégrés mais qui peuvent expliquer le positionnement des navires selon les routes maritimes. Ainsi, comme le souligne LIM en 1998, «...*economies of scale is negated whenever assets becomes under-utilized* ».

La divergence entre notre modèle et celui de CULLINANE et KHANNA, provient du fait que pour ces auteurs, si les armateurs en avaient la possibilité, ils utiliseraient toujours des navires de grande taille alors que dans notre modèle, des effets de seuils existent et diffèrent selon les marchés. Le choix d'allocation n'est ainsi plus la résultante d'une simple contrainte de ressources pour les armateurs, mais aussi la conséquence de la présence de déséconomies d'échelle pour des navires de grande taille dans le cas d'un taux d'enlèvement trop faible pour des services maritimes, d'une route maritime trop courte ou bien encore de taux de remplissage insuffisants.

Tableau 5 : Part du temps au port sur le temps total pour un taux d'enlèvement de 100 % et de 75 %

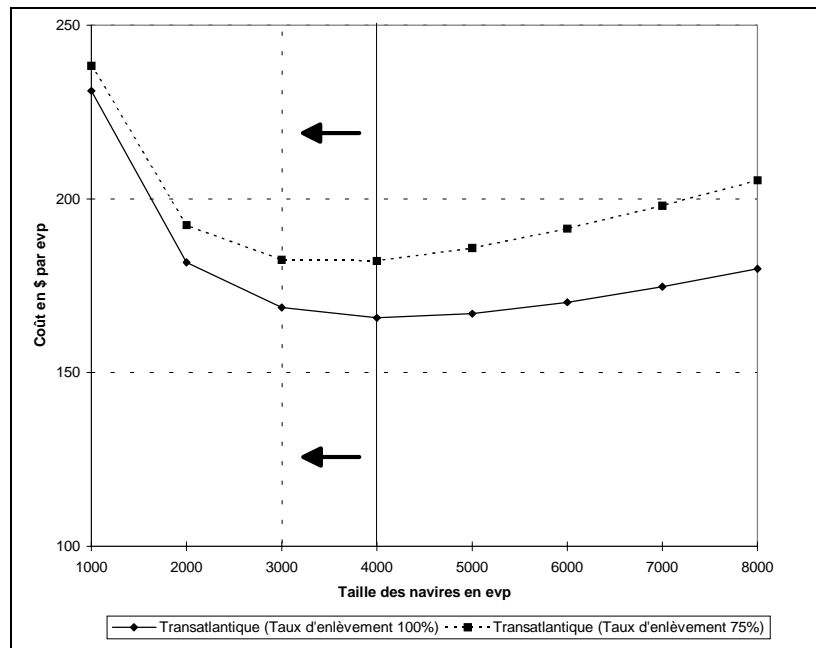
Taille	Transatlantique		Transpacifique		Europe/Extrême Orient	
	100 %	75 %	100 %	75 %	100 %	75 %
1 000	29	32	17	19	13	22
2 000	41	45	26	29	20	22
3 000	50	54	34	37	26	29
4 000	57	61	40	44	32	35
5 000	62	66	45	49	37	40
6 000	67	70	50	54	41	45
7 000	70	74	54	58	45	49
8 000	73	76	57	62	48	23

Tableau 6 : Positionnement du plus grand navire en activité par marché en 1997

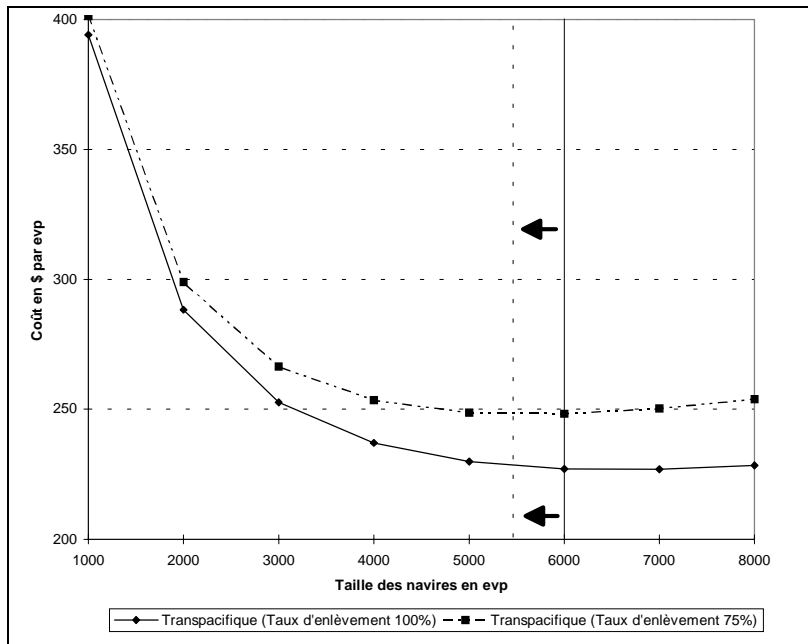
	Transatlantique	Transpacifique	Europe/Extrême Orient
Opérateur	Maersk	Evergreen	Maersk
Taille du navire	4 306 evp	5 364 evp	6 418 evp

Source : Alphaliner (1997)

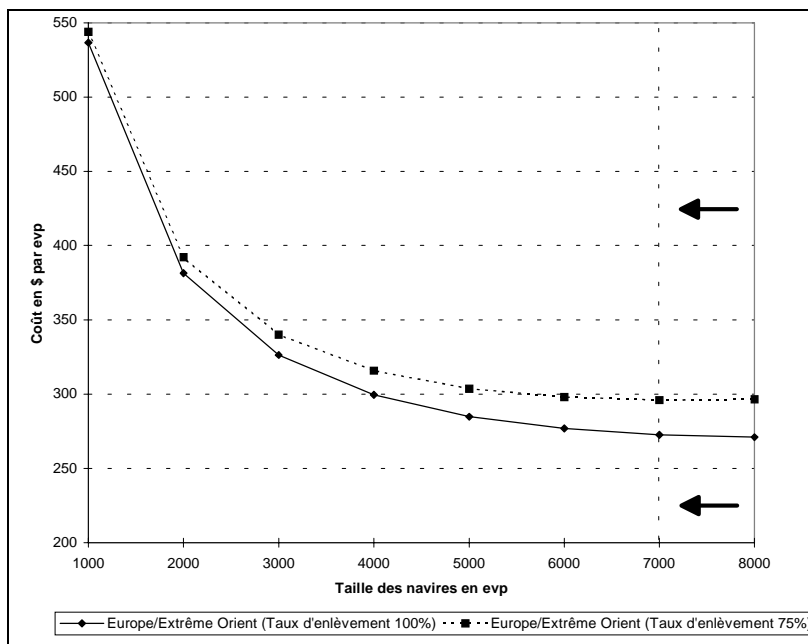
Graphique 7 : Effet de la réduction du taux d'enlèvement de 100 % à 75 % sur le coût moyen en \$ par evp en 1997 - Transatlantique



Graphique 8 : Effet de la réduction du taux d'enlèvement de 100 % à 75 % sur le coût moyen en \$ par evp en 1997 - Transpacifique



Graphique 9 : Effet de la réduction du taux d'enlèvement de 100 % à 75 % sur le coût moyen en \$ par evp en 1997 - Europe/Extrême Orient



CONCLUSION

Le modèle, en s'intéressant aux déterminants des déséconomies d'échelle au port, pose dans le même temps des questions relatives au traitement juridique des accords techniques sur le marché des lignes régulières et notamment des alliances de capacité. Dans le cadre européen par exemple, le contrôle de l'intégration horizontale des acteurs est contraint par la législation sur l'abus de position dominante et se matérialise principalement à la suite de modifications directes (fusions principalement) des parts de marché.

Dans ce cadre général, les alliances de capacité, qui portent avant tout sur une coopération technique sur le matériel de transport (i.e. le navire), se trouvent aujourd'hui « à l'abri » du contrôle législatif dès lors qu'elles ne conduisent pas à l'exercice d'une position dominante, et qu'il est démontré que des économies d'échelle existent. Or cet article souligne que, pour que des économies d'échelle existent, au delà des conditions relatives à la capacité d'accueil des ports, il faut en outre que des conditions commerciales permettent d'atteindre des taux d'enlèvement et de remplissage suffisants soient remplies.

Sur ce dernier point, il semble que les alliances de capacité jouent un rôle particulier. Apparues en 1994, les alliances de capacité ont connu un développement important au point de voir en 1999, quinze des vingt premiers armements de lignes régulières faire partie d'une des cinq « méga alliances » de capacité. Elles ont en outre la particularité de rechercher non seulement l'exploitation d'économies d'échelle mais également, par la gestion en commun des services, d'accroître la fréquence et donc la demande.

Dans le même temps, l'émergence de ces alliances s'est opérée dans une période de réorganisation par les acteurs des réseaux maritimes sous la forme de « *Hubs and Spokes* » dont l'objet est principalement de pouvoir exploiter des économies de densité (CAVES *et alii*, 1984 ; O'KELLY, 1987 ; O'KELLY *et alii*, 1996 ; ENACOUA *et alii*, 1996 ; ECONOMIDES, 1996). Or, limiter le nombre de ports d'escale est une des voies qui peut contribuer à maximiser le taux d'enlèvement au port et le taux de remplissage en mer des navires de grande taille. Le modèle proposé, s'il ne va pas jusqu'à démontrer une relation directe entre l'organisation du réseau maritime et l'exploitation d'économies de densité, permet juste, à ce stade, d'en souligner l'importance.

BIBLIOGRAPHIE

BAIRD A. J. (1999) Container Vessels in the New Millennium: Implication for Seaports. Proceedings of the **1999 Halifax Conference « Liner Shipping: What's Next? »** International Association of Maritime Economists, September, pp. 141-173.

CAVES D.W., CHRISTENSEN L.R., TRETHERWAY M.W. (1984) Economies of Density versus Economies of Scale: Why Trunk and Local Service Airlines Costs Differ. **Rand Journal of Economics**, pp. 471-489.

CONTAINERISATION INTERNATIONAL (1994) **Probing True Port Productivity: Ship-Shore Gantry Crane Market Analysis**. Novembre.

CNUCED (1975) **Le débit des postes d'accostage : Méthodes systématiques pour améliorer les opérations sur marchandises diverses**. Nations Unies, 196 p.

CULLINANE K.P.B., KHANNA M. (1997) Large Containerships and the Concentration of Load Centres. Proceedings of the **7th Port Strategy and Development Conference**. Alexandria, Port Training Institute.

CULLINANE K.P.B., KHANNA M. (1999) Economies of Scale in Large Containers Ships. **Journal of Transport Economics and Policy**, Vol. 33, Part 2, pp. 185-207.

CULLINANE K.P.B., KHANNA M., SONG D.-W. (1999) How big is beautiful: Economies of scale and the optimal size of containership. Proceedings of the **1999 Halifax Conference « Liner Shipping: What's Next? »**, International Association of Maritime Economists, September, pp. 108-140.

DAVIES J.E. (1983a) An analysis of cost and supply conditions in the liner shipping industry. **Journal of Industrial Economics**, Vol. XXXI, N° 4, pp. 417-435.

DAVIES J.E. (1983b) **Pricing in the liner shipping industry: A survey of conceptual models**. Canadian Transport Commission, Research Branch, N° 1983/04 E, 85 p.

DAVIES J.E. (1990) Destructive Competition and Market Unsustainability in the Liner Shipping Industry. **International Journal of Transport Economics**, Vol. XVII, N° 3, pp. 227- 245.

DAVIES J., PIRRONG C., SJOSTROM W., YARROW G. (1995) **Stability and Related Problems in Liner Shipping: An Economic Overview**. September, 38 p. (Working Paper).

DREWRY SHIPPING CONSULTANT (1998) **World Container Terminals: Global Growth and Private Profit**. Chapter 4, pp. 57-78.

DOUET M. (1985) **Les consortiums maritimes de lignes régulières**. Caen, Paradigme, 188 p. (Coll. Transport et communication).

ECONOMIDES N. (1996) The Economics of Networks. **International Journal of International Organization**, 14, pp. 673-699.

- ENACOUA D., MOREAUX M., PERROT A. (1996) Compatibility in Airlines. Demand side networks effects. **International Journal of International Organization**, 14, pp. 701-726.
- GILMAN S. (1980) **Ship Choice in Container Age**. Liverpool, Marine Transport Centre.
- GILMAN S. (1983) **The Competitive Dynamics of Liner Shipping**. Aldershot, Gower.
- GILMAN S. (1999) The Size Economies and Network Efficiency of Large Containerships. **International Journal of Maritime Economics**, Vol. 1, n° 1, pp. 39-59.
- GOSS R.O., MANN M.C. (1974) **Cost of Ships Time**. London, Government Economic Service Occasional Papers.
- GOUVERNAL E. (1997) Le monde redessiné par les coûts de la ligne régulière. **Journée spécialisée de l'INRETS « Compétitivité des chaînes de transport et politiques maritimes et portuaires »**. 5 mars, 17 p.
- HEAVER T. (1994) Restructuring carriers to logistics suppliers: the challenge for international liner shipping. **Canadian Transportation Research Forum**, Victoria, Canada.
- HEAVER T. (1996) The opportunities and challenges for shipping liners in international logistics. **First Logistical Conference**, London, Heathrow.
- JANSON J.O., SCHNEERSON D. (1982) **Port Economics**. Cambridge, London, The MIT Press, 183 p. (Coll. Series in Transportation Studies).
- JANSON J.O., SCHNEERSON D. (1987) **Liner Shipping Economics**. London, Chapman and Hall.
- LEVIEUX S. (1996) **Méthode et analyse des coûts de la ligne régulière conteneurisée : l'exemple de la ligne Europe du Nord/Afrique de l'Ouest**. DESS Transports Internationaux, Université Panthéon Sorbonne, 45 p.
- LIM S.M. (1996) Round-the-World service: The Rise of Evergreen and the Fall of U.S. Line. **Maritime Policy and Management**, Vol. 23, n° 2, pp. 119-144.
- LIM S.M. (1998) Economies of Scale in Container Shipping. **Maritime Policy and Management**, Vol. 25, n° 4, p. 371.
- MCKINSEY AND CO. INC. (1967) **Containerisation: Key to Low Cost Transport**. London, British Transport Docks Board.
- O'KELLY M.E. (1987) A quadratic integer program for the location of interacting hub facilities. **European Journal of Operational Research**, 32, pp. 393-404.

O'KELLY M.E., BRYAN D., SKORIN-KAPOV D. (1996) Hub Network Design with Single and Multiple Allocation: A Computational Study. In R.L. CHURCH, R. CURRENT, H.A. EISELT, J.F. CAMPBELL, Hub Location. **Location Science**, Vol. 4, n°3, pp. 125-138.

PEARSON R. (1988) **Container Ships and Shipping**. London Fairplay Publication.

PRATTEN C. (1988) A Survey of the Economies of Scale. In COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, **Studies on the Economics of Integration. Research on the Cost of Non Europe, Vol. 2**. pp 11-165.

RYDER S.C., CHAPPELL D. (1979) **Optimal Speed and Ship Size for Liner Trades**. Liverpool, Marine Transport Centre (University of Liverpool).

SLACK B., COMTOIS C., SLETMO G. (1996) Shipping lines as agents of changes in the port industry. **Maritime Policy and Management**, Vol. 23, n° 3, pp. 289-300.

SLACK B., CHARLIER J., EDS (1999) Containerisation: the Atlantic and Beyond. **GeoJournal**, 48, pp. 1-80.

TAILLEY W.K. (1990) Optimal Container Ship Size. **Maritime Policy and Management**, Vol. 17, pp. 165-175.

THORBURN T. (1960) **Supply and Demand for Water Transport**. Stockholm, Business Research Institute (Stockholm School of Economics).

WATANABE Y. (1999) **Diseconomy of Mega-Ships towards Land Access to Sea Ports**. Tokyo University of Mercantile Marine, 10 p. (Working Papers).

WATERLINE (1996-1999) Bureau of Transports and Communications Economics, Australia.

ANNEXE

L'ESTIMATION DES COÛTS MOYENS JOURNALIERS

Le coût journalier moyen en capital et en travail (CTKE_i)

La méthode proposée ici pour le calcul des économies d'échelle issues du capital et de l'exploitation (équippage, approvisionnement de l'équipage...) repose sur la mise en relation du taux d'affrètement (ou taux de location TA_i), et des caractéristiques des navires (taille, vitesse, consommation).

Les données du marché proviennent des statistiques mensuelles de CONTAINERISATION INTERNATIONAL (ou CHARTER REPORT) sur le taux d'affrètement journalier au temps en \$ par evp en 1997 pour une période de plus de trois mois et pour des porte-conteneurs intégraux de plus de 1 000 evp. Ce choix s'explique par la recherche de relations de long terme (plus de trois mois pour éviter les effets spéculatifs), pour des navires devant être positionnés sur les marchés Est/Ouest (dont la taille est généralement supérieure à 1 000 evp). L'estimation porte sur l'année 1997. L'échantillon final comporte 50 navires. Après estimations, il s'avère qu'une relation significative n'apparaît pas entre la taille des navires (evp_i) et le taux d'affrètement journalier (TA_i) tout comme dans l'étude de LEVIEUX (1996). Par contre, une relation s'établit entre le taux d'affrètement journalier par mile (K_i = TA_i / Vitesse_i) et la taille du navire (evp_i) tout comme dans l'étude de LEVIEUX (1996). Il semble ainsi qu'outre la taille du navire, la vitesse permet de trouver une relation significative entre le coût de location par mile (K_i) et la taille du navire (evp_i). Sur ce dernier point, on peut avancer que la vitesse est dans le même temps une proxy de l'âge du navire, et est donc déterminante sur le taux d'affrètement.

$$\text{Log } K_i = -0,548745 * \text{Log } \text{EVP}_i \quad (1)$$

$$R^2 = 0,76$$

avec :

K_i le coût en capital et d'exploitation pour un navire i en \$/evp/mile ;
 EVP_i la capacité du navire en evp ;
 -0,548745 la proxy des économies d'échelle liées au capital et au travail.

Cette relation est ensuite transformée en un coût en capital et en travail en \$/evp/jour en multipliant la relation précédente par la vitesse parcourue en une journée pour un navire i soit :

$$\text{CTKE}_i = K_i * 24 * \text{Vitesse}_i \quad (2)$$

sachant que la relation entre vitesse et taille est celle de CULLINANE *et alii* (1999) sur 280 navires, soit : $\ln(\text{vitesse}) = 1,5747 + 0,192 \ln(\text{TEU})$ pour un R² de 0,9.

Le coût moyen en assurance et maintenance (I&M_i)

Le coût annuel en assurance et maintenance (I&M_i) provient des calculs de GILMAN (1999), qui considère que le coût I&M correspond à 3,5 % du coût d'achat soit, pour un navire Panamax de 3 500 EVP de 60 millions de \$, près de 6 000 \$/jour et, pour un Super Post Panamax de 100 millions de \$, près de 10 000 \$/jour. Une relation arithmétique de + 1 \$ par evp existe donc, sachant que le coût initial est de 3 500 \$/jour pour un navire de 1 000 evp soit :

$$I \& M_i = 3500 + (EVP_i - 1000) * 1\$ \quad (3).$$

Le coût journalier moyen en carburant (CC_i)

La taille du navire influe sur sa consommation en carburant. Une droite de régression est calculée à partir de l'échantillon de GILMAN (1999:57). Si l'échantillon est faible (25 navires), il a l'avantage de présenter un large panel de navires de 1 800 à 7 000 EVP.

$$\text{Log Fuel}_i = 0,590578 * \text{Log EVP}_i \quad (4)$$

$$R^2 = 0,59$$

avec :

Fuel_i la consommation en tonne de carburant par jour pour un navire i ;

EVP_i la capacité du navire exprimée en evp ;

0,590578 la proxy des économies d'échelle liées à la consommation en carburant.

La consommation en carburant est par la suite transformée en un coût en carburant par \$/evp/jour.

$$CC_i = \text{Fuel}_i * \text{PFuel}_i \quad (5)$$

avec :

CC_i Coût total journalier en carburant pour un navire i ;

Fuel_i Consommation en tonne par evp pour un navire i ;

PFuel_i Prix du fuel à la tonne.

Rapport entre la taille des navires et leur consommation en tonnes/jour

a	b	a	b	a	b	a	B	a	b
7 060	205	4 388	173	3 467	91	3 161	89	2 054	93
6 674	250	4 369	152	3 538	89	3 161	89	2 054	82
5 364	201	4 211	125	3 494	118	3 161	89	2 054	93
4 960	188	3 764	186	3 398	105	3 010	183	1 978	104
4 469	144	3 301	105	3 209	92	2 054	82	1 852	91

a : Taille en evp; b : Consommation par jour

Source : GILMAN (1999)

*Taux d'affrètement journalier en \$/jour/evp en 1997 pour des navires
de plus de 1 000 evp et pour une période de plus de 3 mois*

a	b	c	d	a	b	c	d
1 005	32	16,5	9,45	1 899	65	19,25	7,74
1 006	37	18	9,84	1 923	49	18	6,5
1 022	30	17	8,8	1 926	52,2	19	8,15
1 034	30	16	9,18	1 932	62	19	8,48
1 064	38	18,5	10,33	2 017	65	19,25	6,84
1 066	38	18	8,25	2 024	63	20	7,41
1 073	58	20	10,25	2 078	74	21,5	8,3
1 139	49	17,5	7,98	2 078	69	20,5	7,82
1 160	38	18,5	10,34	2 080	79	21	7,62
1 171	49,5	17,5	9,3	2 080	69	20,5	7,69
1 181	42	17,5	9,39	2 080	69	20,5	7,45
1 200	48	19	8,33	2 240	64,5	20	6,07
1 208	38	16,5	8,07	2 280	70	20	7,01
1 228	18	19	8,77	2 433	80	19	6,16
1 228	48	19	8,77	2 480	68	20,5	6,99
1 438	62	19	6,95	2 502	65	19,5	7,79
1 498	48	18,8	8,21	2 502	65	19,5	7,59
1 504	61,3	21	7,64	2 536	97	20,5	7,88
1 504	61,3	21	6,91	2 536	90	20	6,11
1 552	63	19	7,4	2 810	95	22,5	6,85
1 599	45	18	7,44	2 908	80	22	6,68
1 743	45,5	19	7,02	3 330	95	21,8	7,2
1 743	48	18,8	7,08	3 424	99	23,2	7
1 844	55	20	7,37	3 424	115	23,25	6,49
1 844	55	20	7,32	3 606	115	23,8	5,82

a : Taille (evp) ; b : Consommation (Tonnes/jour) ; c : Vitesse ; d : \$/jour/evp
Source : CONTAINERISATION INTERNATIONAL (1997)