

# SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre 1. Le cabotage de fret dans l'environnement du transport maritime mondial</b> .....	5
1.1 Qu'est-ce que le cabotage ? .....	5
1.2 L'environnement du transport maritime mondial de fret, quelles perspectives pour le cabotage ? .....	9
1.3 L'évolution qualitative et quantitative du transport maritime.....	12
1.4 Le gigantisme de porte-conteneurs et leurs routes transocéaniques, comme cause de reconversion des fonctions portuaires.....	26
1.5 La dynamique des ports de concentration et des ports de rayonnement «Hubs & Spokes».....	40
1.6 Les facteurs du succès des ports de concentration et le positionnement des principaux ports européens dans la dynamique « Hubs & Spokes ».....	55
1.7 Quelle place pour le cabotage en Europe ? .....	64
<b>Conclusion</b> .....	68
<b>Chapitre 2. La politique européenne et la concurrence modale du transport maritime de cabotage</b> .....	70
2.1 Le cabotage intra européen et le cabotage de récollection « feederling » .....	70
2.2 Le cadre concurrentiel du cabotage.....	72

2.3 Les critères du choix modal des chargeurs .....	77
2.4 La politique maritime communautaire en Europe.....	87
2.5 La politique de l'Union Européenne au sujet du cabotage.....	89
2.6 Causes structurelles d'inefficience du transport maritime de cabotage ...	102
2.7 La continuité de la politique européenne sur le cabotage.....	110
<b>Conclusion</b> .....	127

**Chapitre 3. Analyse de la situation du cabotage et du transport routier de fret de marchandise en Europe ; Quelles opportunités de transfert ?** .....

3.1 Les lignes de cabotage en service.....	130
3.2 Les modalités des lignes de cabotage par rapport à leur organisation fonctionnelle et au type des navires.....	143
3.3 L'augmentation du cabotage intra européen, un challenge multi acteurs .....	153
3.4 Les opportunités de transfert routier de fret vers le cabotage.....	159
<b>Conclusion</b> .....	192

**Chapitre 4. La question du choix modal et la proposition de notre modèle: « Distances équivalentes de transport pour le choix de chaînes multimodales » (DETCCM)** .....

4.1 Les modèles de choix modal, pertinence et limites.....	195
4.2 La question du choix modal .....	195
4.3 Les modèles de choix modal .....	198
4.4 Proposition d'un modèle de choix entre chaînes multimodales de transport :	

« Distances équivalentes de transport pour le choix de chaînes multimodales » (DETCCM).....	216
4.5 Quelques éléments de la théorie des graphes .....	229
4.6 Algorithmes de plus court chemin .....	238
4.7 Algorithme pour l'obtention de la « chaîne la plus courte » entre deux sommets d'un graphe connexe non-orienté.....	245
4.8 Méthode du modèle et obtention de « la chaîne multimodale optimale » pour le choix multimodal de transports .....	251
<b>Conclusion</b> .....	261
<b>Chapitre 5. Identification des lignes de cabotage à fort potentiel de transfert de fret routier, scénario de transfert et propositions pour le développement du cabotage</b> .....	264
5.1 Application du modèle de « Distances équivalentes de transport pour le choix de chaînes multimodales » (DETCCM) au cas de transport bimodal maritime et routier en Europe Occidentale .....	264
5.2 Identification des ports à fort potentiel pour le développement de liaisons de cabotage plus compétitives que l'alternative routière .....	271
5.3 Classification des ports en fonction de leur potentiel de développement des liaisons de cabotage compétitives.....	279
5.4 Identification des lignes de cabotage adaptées aux potentiels des ports et aux flux de fret routier.....	284
5.5 Propositions pour développer le cabotage et atteindre l'objectif de transfert modal de la route vers la mer.....	296
<b>Conclusion</b> .....	310
<b>Conclusion générale</b> .....	314

## **Introduction**

Les activités maritimes ont connu d'énormes changements au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. Les évolutions technologiques mais aussi politiques, et les modifications de la production mondiale, ont provoqué un bouleversement du monde maritime. Nous avons assisté pendant le siècle dernier à une révolution dans tous les aspects de l'activité commerciale maritime. Ces changements concernent des activités aussi diverses que la conception et la construction navale, les activités portuaires liées au commerce et à la navigation, le développement ou la stagnation économique des villes portuaires, et même l'esprit des gens de mer et des populations auparavant liées aux activités des ports. L'avènement de l'informatique et le progrès des communications dans les trente dernières années du XXI<sup>e</sup> siècle ont contribué à accélérer encore plus les innovations dans les activités de transport avec les changements qui les accompagnent. Aujourd'hui, nous pouvons résumer les problèmes des acteurs du monde du transport maritime de la manière suivante. Du côté des autorités portuaires, la préoccupation principale est de se maintenir dans la course des évolutions technologiques d'équipement et de services. L'idée générale chez les autorités portuaires semble être : « il faut être performant dans la manutention et dans l'offre de services portuaires, avec des prix assez compétitifs pour attirer et pour fidéliser les armateurs ». Cette position est sans doute issue de la réalité de la dynamique commerciale et de l'environnement mondial du transport maritime, et nous ne prétendons pas nier son importance. Mais nous considérons que les opérations des grandes lignes maritimes transocéaniques ne sont pas le seul moyen d'augmenter le trafic des ports.

Le transport maritime de courte distance peut devenir, notamment en Europe, une source importante de trafic et de nouvelles activités portuaires. D'éventuelles spécialisations portuaires dans le cabotage intra continental ou domestique « short-sea-shipment » et une organisation des chaînes de transport appropriées, pourraient faire du cabotage une alternative réelle au transport routier. De cette manière, une éventuelle spécialisation portuaire dans le cabotage ou une spécialisation parallèle, à la fois dans le cabotage et dans le transport transocéanique, peuvent donner aux ports une indépendance majeure vis à vis des politiques des grands armateurs. L'existence d'une activité de

cabotage importante peut aussi garantir une activité minimale aux activités portuaires et donc assurer le développement de certaines villes portuaires et de leurs ports déjà largement dépassés dans la course vers les « hub » portuaires.

Par ailleurs, le transport routier, au niveau mondial, a connu un important développement dans les trois dernières décennies et une progression nette dans la répartition modale au détriment des autres modes de transport terrestres. Le chemin de fer par exemple a été le premier affecté par cette redistribution modale et les conséquences de ce phénomène de transport « tout route » ont été diverses. Ces conséquences vont des nuisances écologiques à la congestion des autoroutes, en passant par la grande dépendance des carburants et les coûts de transport et d'infrastructures routières élevés. Il faut remarquer que le degré d'importance des problèmes posés et des nuisances provoquées par le transport « tout route » est différent selon les caractéristiques propres à chaque pays comme la densité de la population, la taille du territoire, la localisation des villes ou les ressources énergétiques. Ainsi la gravité des problèmes provoqués par le fort déséquilibre modal « tout route », est relative aux volumes de marchandises et de produits divers qui circulent sur les autoroutes, est donc proportionnelle au niveau d'industrialisation et de production du pays. Pour cela, la recherche des alternatives au transport routier devient, de nos jours, une nécessité qui s'impose pour réussir le développement des modes de transport en général et du transport routier même. Les nouvelles alternatives à la route sont indispensables pour la préservation de l'équilibre environnemental, de la sécurité et de la fluidité de la circulation routière, ainsi que d'un meilleur rapport « bénéfice/coût » du transport. Le phénomène de déséquilibre modal représente donc un poids pour le développement harmonieux des différents modes de transport mais aussi une opportunité pour l'innovation, par des services intégrés de transport.

Bien que le phénomène de déséquilibre modal soit présent partout dans le monde, il a fallu cibler un espace d'étude pour identifier les éléments de cette problématique d'une façon plus précise et pour avoir des résultats concrets. Nous avons choisi un espace géographique où d'un côté, un fort déséquilibre modal avec des nuisances évidentes existe, et où d'un autre côté, les conditions géographiques permettent le cabotage grâce à l'existence de côtes et de ports peu éloignés de l'ensemble des villes. De plus, l'existence d'un réseau routier dense et de multiples connexions autoroutières dans cet espace géographique, relève l'intérêt de notre étude en raison de la haute performance du réseau

et des services routiers qui font de la concurrence intra modale en Europe une des plus avancées au monde. L'espace de notre étude va de la péninsule ibérique à l'Europe centrale en prenant en compte l'Irlande, la Grande Bretagne, les îles de la Méditerranée ainsi que quelques villes et ports scandinaves et de l'Europe de l'est. On considère quelques régions centre-européennes comme la limite de notre espace d'étude, en raison des fortes interactions dans les flux routiers de marchandises et pour éviter d'imposer une frontière qui n'existe pas dans la réalité aux flux des marchandises.

Malgré les avantages qu'un bon système de cabotage de marchandises peut rapporter aux ports, aux villes portuaires et à l'ensemble des acteurs du transport maritime en général, la mise en place du réseau de cabotage n'est pas si simple. Le principal obstacle au développement du cabotage est sans doute l'inévitable besoin d'acheminement et de post acheminement terrestre. Ce besoin rend le cabotage dépendant des autres modes de transport terrestre, et le met en général dans une position non concurrentielle vis-à-vis du transport « tout-route ». Malgré ce désavantage inhérent au cabotage, nous considérons que la structuration d'un réseau de cabotage intra européen efficace et concurrentiel est faisable à condition d'articuler les services de cabotage dans un ensemble cohérent de services de « chaînes combinées de transport mer-route ». Dans ce travail, nous montrons quel est l'état actuel du cabotage en Europe occidentale, les opportunités de développement du cabotage intra-européen dans l'environnement organisationnel et concurrentiel actuel ainsi que les potentialités de développement dans un cadre organisationnel différent de l'actuel.

Dans le premier chapitre, nous traiterons des dernières évolutions du transport de cabotage et du transport routier en Europe liés au développement du trafic de marchandises en général, au développement de la conteneurisation des trafics, et aux changements de l'environnement commercial et concurrentiel du transport maritime international et du transport terrestre en Europe. Dans le deuxième chapitre, nous aborderons les aspects généraux de la politique de transport européenne pour le développement du cabotage, nous ferons un résumé des efforts de l'Union Européenne pour développer ce mode et nous analyserons les progrès réalisés dans ce domaine. Nous terminerons ce chapitre par une analyse de l'environnement dans lequel le transport routier s'est développé, pour tenter d'expliquer les raisons de sa montée en puissance dans la concurrence modale. Dans le troisième chapitre, nous établirons un état des lieux du

cabotage et de la circulation routière de marchandises dans l'espace franco – ibérique. Finalement, nous déterminerons les volumes de fret transportés par route entre les villes de l'espace d'étude. Nous arriverons ainsi à la détermination des matrices O/D « origine/destination » des trafics de fret que nous utiliserons au chapitre cinq pour construire un scénario de transfert modal de fret de la route vers la mer. Le quatrième chapitre porte sur le problème du choix modal. D'abord nous ferons le point sur les modèles de choix modal existants et les différents angles de vision des acteurs du transport à ce sujet. Nous développerons ensuite le concept de distance équivalente du transport (D.E.T) qui a été conçu comme un outil pour comparer les modes de transport entre eux, de façon homogène, et pour établir une base de choix modal ou de combinaison des modes de transport. Nous continuerons par le développement d'un modèle de choix modal nommé « Distances équivalentes de transport pour le choix de chaînes multimodales » (DETCCM), basé sur l'idée des distances équivalentes de transport. Il nous a permis de traiter des données de distances maritimes et routières affectées par de multiples variables d'intérêt pour le choix modal selon les critères de choix des différents acteurs du transport. Ensuite, nous utiliserons la théorie des graphes pour construire un algorithme de détection des « chaînes les plus courtes » adapté aux besoins de l'analyse de notre réseau d'étude. Finalement, nous développerons un programme informatique pour l'analyse des « chaînes les plus courtes » qui a été conçu pour l'application de l'algorithme au modèle (DETCCM). Ce programme permettra l'analyse de notre base de données des distances pour déterminer les chaînes de transport combiné de transport maritime et routier les plus convenables parmi l'ensemble des combinaisons modales possibles pour réaliser la desserte de transport entre deux villes de notre échantillon. Nous finirons par l'application du programme en considérant les réseaux maritimes et routiers, afin d'identifier des lignes de cabotage économiquement exploitables. Le dernier chapitre sera donc consacré à l'interprétation des résultats de l'analyse des chaînes bimodales « mer-terre ». Elle nous permettra d'identifier les lignes de cabotage à fort potentiel de développement en Europe. De cette façon nous construirons un scénario de transfert de fret qui nous apportera une première idée des volumes et de la distribution géographique des flux de cabotage maritime. Finalement, nous ferons nos propositions pour pouvoir démarrer de façon effective le transfert de fret tant attendu de la route vers la mer.

# Chapitre 1. Le cabotage de fret dans l'environnement du transport maritime mondial

## 1.1 Qu'est-ce que le cabotage ?

Le cabotage ou transport maritime à courte distance (TMCD), « Short-Sea Shipping » en anglais, est le transport de marchandises par des navires, à l'intérieur d'un continent. En principe, nous l'entendons ainsi, mais plusieurs définitions ont été données pour le cabotage, qui bien que ne changeant pas radicalement la signification du cabotage, ont des nuances, qui dans les faits, peuvent sans doute créer des confusions sur la nature des activités spécifiques développées, sur sa portée géographique et sur la composition de son trafic. Ainsi, nous sommes obligés de réviser quelques définitions, d'identifier les nuances existantes et de positionner les activités de transport maritime, sujet de notre recherche, par rapport aux définitions et à la terminologie professionnelle d'usage.

La définition classique du cabotage (Larousse) :

*Navigation marchande le long de côtes et spécialement entre ports d'un même pays.*

Définition du cabotage du glossaire de transport (GEODIS) : *Transport intérieur de marchandises effectué par un transporteur non résident (c'est à dire étranger) mais ressortissant de l'Union Européenne ne disposant pas d'établissement dans le pays où s'effectue le transport.*

Définition du transport maritime à courte distance du Ministère français de transports et de l'équipement et de la Commission européenne des ministères du transport (OCDE /CEMT) : *Mouvement de marchandises par voie maritime entre ports situés dans des pays tiers dont le littoral donne sur l'une des mers fermées servant de frontière à l'Europe.*

Définition du transport maritime à courte distance apparue dans le rapport « Confavreux » en 1999 (CEMT) :

*Transports maritimes effectués entre ports du continent européen. Ils recouvrent :*

- *Les trafics de cabotage national, entre deux ports d'un pays*
- *Les trafics internationaux intra-européens dont l'origine et la destination sont des ports européens*
- *Les trafics européens faisant partie de voyages interocéaniques*

Définition du cabotage de l'organisation des Nations Unies (ONU) :

*Navigation sur des courtes distances à proximité des côtes, soumise aux règlements nationaux des pays concernés.*

Définition de « Short Sea Shipping » de l'Office maritime du Royaume Uni (UK Maritime Office) : *...il comprend les mouvements de marchandises et de passagers par mer entre ports localisés en Europe ou entre les ports européens et les ports non européens ayant une ligne de côte dans des mers fermées qui entourent l'Europe (Baltique, Méditerranée et la Mer Noire).*

Définition de « Short Sea Shipping » de l'Administration maritime des Etats-Unis d'Amérique (US Maritime Administration, MARAD2005) :

*...C'est le transport maritime de marchandises par mer, qui ne traverse pas un océan. C'est une alternative pour le transport commercial qui utilise la navigation côtière et fluviale pour le mouvement de marchandises à partir des principaux ports nationaux.*

Une autre définition de l'Union européenne extraite du deuxième rapport d'avancement bisannuel de juin 1999 définit le cabotage comme : *l'acheminement de marchandises et de passagers par mer entre des ports situés en Europe géographique ou entre ces ports et des ports situés dans des pays non européens ayant une façade sur une mer fermée limitrophe de l'Europe. Le transport maritime à courte distance recouvre à la fois les activités de transport maritime national et international, dont les services de collecte, le long des côtes et au départ et à destination des îles, des fleuves et des lacs. Il comprend également les services de transport maritime entre les Etats membres de l'Union et la Norvège, l'Islande et les Etats riverains de la mer Baltique, de la mer noire et de la mer Méditerranée.*

Nous trouvons ainsi des définitions avec une vision très locale et d'autres avec une vision mondiale, les unes qui considèrent le cabotage juste comme navigation côtière, d'autres qui le considèrent comme navigation continentale et même d'autres qui considèrent aussi le transport fluvial comme cabotage. Alors, la porte de l'ambiguïté est bien ouverte car il existe des définitions différentes du même organisme, par exemple, celle du rapport « Confavreux » (CEMT) et celle du deuxième rapport d'avancement bisannuel en 1999 de l'Union européenne. La première ne considère pas comme cabotage le transport fluvial alors que la deuxième prend aussi en compte la navigation sur les fleuves et les lacs.

Nous donnerons notre propre définition car il nous semble prudent d'établir une définition d'ordre géographique sans aucune intervention de type juridique ou de limitation à la navigation le long de côtes, car dans la majorité des définitions existantes, les restrictions juridiques ou la distance de navigation hors des côtes, ne font que limiter la portée du mode de transport. La variété de définitions portant plus sur un aspect ou un autre de l'activité du cabotage a tendance à rendre floue la signification. Par exemple, si l'on prend la définition de l'ONU : *la navigation sur des courtes distances à proximité des côtes, soumise aux règlements nationaux des pays concernés* ; on trouve une ambiguïté sur la distance qu'on peut considérer comme un trajet de « courte distance », et la distance à proximité des côtes. D'autre part, dans le cadre de l'Union européenne par exemple, la partie qui fait référence aux règlements nationaux perd actuellement de l'importance en sachant que le but de l'Union est l'ouverture des eaux nationales au commerce maritime régi par les mêmes règles. Ainsi la définition ONU nous paraît dépassée.

Du point de vue géographique, nous acceptons plus la définition de l'Office maritime du Royaume Uni (UK Maritime Office), car elle n'introduit pas des restrictions référents à la distance de navigation ni à l'intérieur du continent ni depuis la côte, mais cette définition ne nous apprend rien sur la composition du trafic, et il nous semble très important d'avoir une précision à ce sujet compte tenu du but de notre recherche. Quant à la définition de l'Administration Maritime des Etats-Unis d'Amérique (US Maritime Administration, MARAD 2005), elle est suffisamment large du point de vue géographique, car elle parle de continent en général et pas seulement d'un en particulier, mais elle est également imprécise sur la composition du trafic.

D'autre part, elle considère la navigation fluviale comme du cabotage, et nous ne sommes pas partisans de cette fusion des modes de transport, à cause des différences techniques de navigation comme la profondeur, et la différence de capacité de « charge en lourd » des navires et des barges fluviales qui ne peut être la même. Certes, cette définition est valable dans le cadre géographique de l'Amérique du Nord avec la navigation sur le Saint Laurent et dans les Grands Lacs, où les mêmes navires qui remontent le fleuve peuvent sortir en mer sans avoir besoin de transborder la marchandise entre la mer et la terre, mais il est évident que cette définition est très locale. D'ailleurs, même sur le Mississippi, ce type de navigation fluviale et maritime par le même navire n'est pas facilement réalisable à cause de la profondeur du canal de navigation (2.7m).

Sur la composition du trafic, la définition de la CEMT est sans doute la plus précise, mais elle parle uniquement du transport maritime de courte distance, sans le définir et si l'on va chercher ailleurs la définition de « transport maritime de courte distance » on revient au problème de la distance à partir de la côte. Pour cela nous avons décidé de proposer une définition qui nous semble plus pertinente du point de vue géographique, qui peut être applicable à tous les continents, qui précise la composition du trafic et qui ne fait pas de restriction de distances à partir de la côte. Alors, le cabotage de fret est pour nous :

*Le transport maritime de marchandises dans un même continent en longeant la côte ou en traversant les détroits et mers intérieures. Son trafic est intégré par :*

- *Les échanges locaux ou nationaux entre ports d'un pays*
- *Les échanges internationaux entre ports d'un même continent*
- *Les échanges intercontinentaux ayant besoin du transport maritime de rayonnement « feederling » entre ports du même continent*

## **1.2 L'environnement du transport maritime mondial de fret : quelles perspectives pour le cabotage ?**

Le transport maritime de fret, est de nos jours une activité qui devient de plus en plus spécialisée. A niveau mondial, une véritable course s'est engagée vers : la conteneurisation du fret, le gigantisme des navires porte-conteneurs, ainsi que le gigantisme de terminaux spécialisés pour l'accueil de ce type de navires et la manutention de son chargement (1.2). Ceci est à l'origine d'une circulation intercontinentale de marchandises chaque fois plus massifiée, laquelle en même temps, augmente sans cesse en volume chaque année à cause de l'ouverture économique progressive des pays et l'augmentation mondiale des échanges. Pour ces raisons, les ports et les activités de commerce maritime ont vécu dans les dernières trois décennies des changements radicaux (1.3).

Les changements portuaires ont été principalement l'expansion des infrastructures et l'augmentation et renouvellement des équipements pour la manutention de marchandises conteneurisées, ce qui provoque l'existence d'une sur spécialisation portuaire des régions côtières par rapport à la demande des services portuaires (1.3.4). Les changements des activités portuaires ont eu des répercussions sur les activités portuaires traditionnelles en créant des nouvelles dynamiques productives et économiques dans les villes portuaires (C.Ducruet, 2004). Certains ports, atteignent aujourd'hui des croissances de trafic record dans leur histoire, d'autres au contraire perdent peu à peu leurs parts de trafic maritime traditionnel au profit des premiers, et d'autres souffrent pour maintenir leurs siens. L'environnement du transport maritime est ainsi fortement concurrentiel entre armements et aussi entre ports, ce qui provoque un intérêt généralisé des acteurs des villes portuaires et des ports pour attirer et fidéliser les trafics de fret et principalement les trafics intercontinentaux (1.3.5). En effet, le nouveau système de massification nécessite juste quelques grands ports de concentration dans les différentes régions du monde pour compléter des itinéraires de tour du monde. Le moindre nombre de ports d'escale signifie plus grande rentabilité des grands navires porte-conteneurs. Le reste des ports d'une région, devient ainsi tributaire des ports concentrateurs régionaux. Alors, partout dans le monde, la concurrence pour devenir « les ports de concentration régionaux » et assurer les escales, devient acharnée (1.4.2).

Il est évident que dans la logique de ce système de concentration des trafics maritimes de fret, tous les ports ne peuvent pas être des ports de concentration, même s'ils sont susceptibles d'en devenir un, grâce à leurs infrastructures et leurs équipements. On atteint ainsi, une capacité portuaire et une offre de services portuaires, largement supérieures à la demande (1.4.3). Ceci, est particulièrement vrai dans les ports européens qui, en plus d'être suréquipés, se trouvent géographiquement très proches les uns des autres, augmentant encore la concurrence intra portuaire. Si l'on accepte que tous les ports ne peuvent devenir concentrateurs et qu'il existe une sur spécialisation portuaire en Europe, la question qui se pose maintenant est : D'où sortir les trafics de fret nécessaires pour profiter des grandes capacités portuaires et rentabiliser les investissements réalisés ?

Notre hypothèse est que le cabotage peut devenir une activité hautement compétitive pour le fret inter-européen, laquelle pourrait apporter des trafics importants aux ports indépendamment de leur rôle dans le système européen des ports concentrateurs et alimentateurs des trafics intercontinentaux. Nous pensons donc, que le développement du cabotage pourrait donner un nouvel élan commercial aux ports, particulièrement à ceux qui se trouvent dans une situation de stagnation ou de diminution des trafics de fret. Dans le cas général des ports, le développement du cabotage pourrait aussi créer des activités économiques de coordination des opérations de transport. Enfin, si le cabotage devient aussi important qu'il peut l'être, les possibilités d'innovation des services seront multiples.

D'autre part, le transport de fret en Europe est en augmentation et les infrastructures terrestres, principalement routières, arrivent à saturation (3.1). Les autorités politiques nationales et européennes cherchent des alternatives au transport routier, et le développement équilibré de modes de transport est au cœur de la politique européenne de transports (2.4) Alors, il semblerait que toutes les conditions pour développer le cabotage en Europe soient réunies :

- des trafics intra européens de marchandises en augmentation ;
- sur spécialisation des infrastructures et offre importante de services portuaires ;
- volonté politique pour développer le cabotage ;
- besoin de diversification des activités portuaires ;
- besoin des alternatives de transport à la route

Si de telles conditions existent, le développement du cabotage et la structuration de services de transport combiné à forte composante du transport maritime de cabotage, nous semble tout à fait possible. Au long de cette étude, nous nous efforcerons de mettre en clair les obstacles et les opportunités pour le cabotage en Europe, afin d'analyser ses possibilités d'implantation et/ou modernisation pour démontrer sa faisabilité et proposer des actions pour son développement.

Indépendamment de notre cas d'étude, le cabotage européen, nous considérons que le cabotage à niveau mondial a aussi de grandes perspectives. Comme on verra plus loin (1.4.1), la principale route transocéanique de fret conteneurisé qui fait le tour du monde, touche des ports européens en méditerranée, des ports sur la côte est des Etats-Unis qui sont reliés par mer ou par terre avec des ports de la côte ouest, ensuite, la route continue vers le Japon et longe ensuite le sud de l'Asie jusqu'au canal de Suez pour rejoindre de nouveau la Méditerranée. Nous avons ainsi une route principale Est-Ouest de trafic maritime de fret, ce qui signifie qu'une grande quantité de ports sur tous les continents localisés loin de cette route principale, dans le sens Nord-Sud, ne sont pas susceptibles d'être intégrés comme escales de cette route. Pour ce type de ports, le transport de cabotage représente aussi un créneau d'activité potentielle à développer qui pourrait leur donner un nouvel essor économique basé sur la redistribution modale des trafics régionaux et nationaux, les rendant ainsi moins dépendants des stratégies des grands armements mondiaux.

## **1.3 L'évolution qualitative et quantitative du transport maritime**

### **1.3.1 Le conteneur, moteur des changements portuaires**

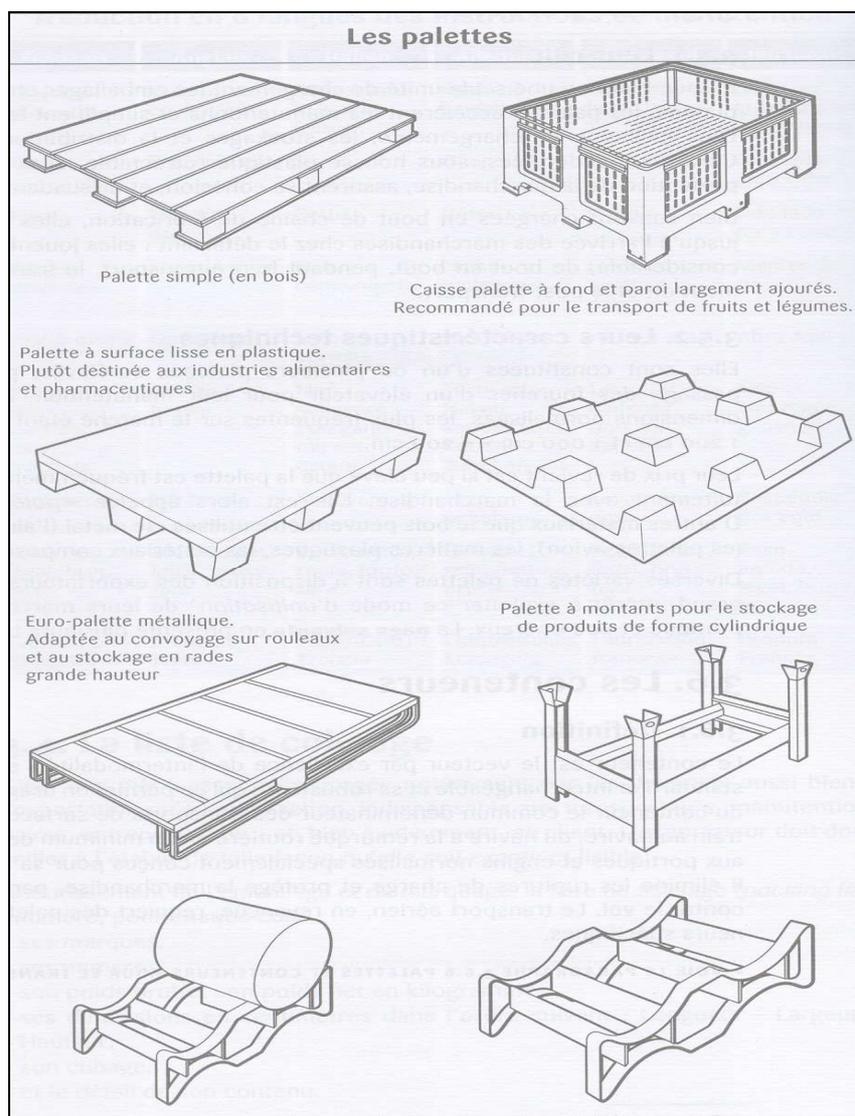
L'avènement du conteneur dans la décennie de 1960 et son utilisation vite répandue dans le monde du transport de fret comme élément d'unification de formes et de volumes à manutentionner, ont changé radicalement les activités du transport en général. Dans le monde du transport maritime, de multiples changements se sont opérés au niveau qualitatif et aussi quantitatif, dans les ports et aussi sur les navires. Les activités portuaires et la configuration des ports ont été modifiées en raison des nouveaux besoins de manutention et de stockage des conteneurs ainsi que d'accueil de navires. Les changements opérés à cause de l'avènement du conteneur sont allés des simples modifications physiques des dimensions des véhicules de transport à des changements radicaux de techniques de manutention, des usages de travail des dockers et d'équipements des entreprises de manutention. Ainsi, l'évolution des emballages et en conséquence des techniques de manutention de marchandises unitaires (groupées dans des palettes et des conteneurs) fut le moteur des plus grands changements dans les activités de transport maritime pendant la deuxième partie du XX siècle.

L'avènement des palettes pour la manutention des marchandises a été le premier pas vers le groupage de marchandises diverses dans des unités de charge. La palette fut ainsi le premier moyen pour faciliter la manutention unitaire, accomplissant simultanément des fonctions d'emballage et de protection de la marchandise. La palette primaire en bois a évolué rapidement, en rapport avec les besoins de groupage et transport des marchandises. Plusieurs types de palettes ont été conçus pour différentes marchandises. Ainsi, le concept d'unité de charge est né. Le pas entre la manutention des marchandises dans des emballages multiformes vers l'enveloppe homogène pour contenir et pour protéger la marchandise a été définitivement franchi et le système adopté par les acteurs du transport.

Bien que les palettes aient dynamisé la manutention portuaire et permis un conditionnement plus adapté pour le transport de la marchandise, elles sont juste restées comme un outil pour faciliter la manutention. La palette par elle-même manquait d'autres atouts nécessaires pendant le transport, comme un identifiant propre à l'unité de charge,

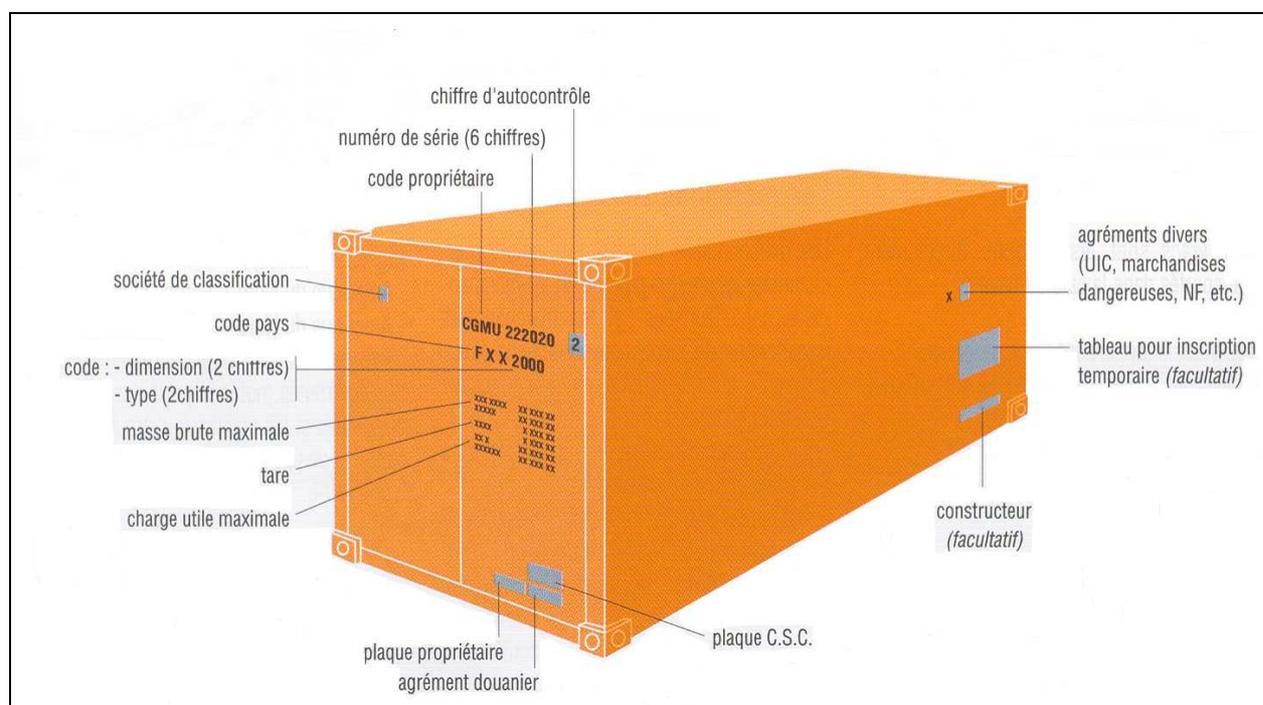
une résistance majeure pour permettre l'empilement et gagner ainsi de l'espace pour le stockage, une structure capable de protéger la marchandise contre de possibles dommages de manutention et aussi contre les conditions environnementales comme la pluie, l'humidité et la température.

L'avènement du conteneur pour la manutention et le transport de marchandises, fut la réponse aux besoins de sécurité majeure pendant le voyage. Le conteneur avait aussi une résistance suffisante pour permettre de les empiler et ainsi gagner de la place, tant sur les zones de stockage portuaires que dans les navires. Les premiers conteneurs de 20 pieds, conçus à l'origine pour le transport routier, sur l'idée des caisses de remorque, se sont vite répandus dans le milieu du transport et leur dimension est passée à 40 pieds dans leur longueur pour gagner du volume par unité. Actuellement, nous trouvons des conteneurs de 20 et de 40 pieds, et pour cette raison l'unité EVP (équivalent vingt pieds) a été créée, un conteneur de 40 pieds est donc équivalent à deux EVP. Du côté de la spécialisation, le processus déjà lancé avec les palettes spécialisées se poursuit et une grande variété de conteneurs est apparue.

**Fig.1 La consolidation de la charge en unités standard**

Source : D.Chevalier et F. Duphil, Le transport

La spécialisation des conteneurs a permis le transport de marchandises si variées que le conteneur est devenu l'unité de charge par excellence. Dans les années 1960 et 1970, le conteneur était l'unité de charge plutôt réservé à la distribution de la production industrielle. L'adaptabilité et l'adéquation du conteneur à des marchandises aussi différentes que les gaz, les liquides, les voitures, les ordinateurs ou les vêtements, ont fait qu'actuellement, la majorité de la marchandise manutentionnée dans les ports est conteneurisée. Aujourd'hui, tout type de marchandise est techniquement conteneurisable et seules les marchandises à basse valeur ajoutée continuent à être transportées en vrac ou de façon dégroupée.

**Fig.2 Le marquage sur les conteneurs**

Source : SCEREN, Les ports maritimes français dans les échanges mondiaux

Comme conséquence des nouvelles technologies d'emballage et de manutention de marchandise groupée « conteneurisée », les équipements portuaires sont devenus obsolètes en même temps que la conteneurisation progressait. C'est ainsi que les grues traditionnelles de quai et les immenses entrepôts de stockage sont devenus inadaptés pour la manutention et le stockage des marchandises groupées dans les boîtes standardisées.

L'utilisation des palettes et la conteneurisation ont permis une manutention plus soignée et massifiée de la marchandise. Pour cette raison, un besoin nouveau d'équipements portuaires adaptés aux nouvelles unités de charge, à leur poids et à leur dimension s'est imposé. Par exemple, les nouveaux portiques ont la possibilité de manutentionner des conteneurs situés sur les navires au bord opposé au quai, sans aucune complication. Les nouveaux équipements portuaires ont commencé à apparaître d'abord dans les ports les plus importants et puis de façon progressive dans pratiquement tous les ports du monde, de nos jours. Ainsi les portiques à quai et les chariots cavaliers sont devenus les équipements de pointe dans les ports. La présence de nouveaux équipements est même symbolique car elle représente l'optimisation de la manutention portuaire,

l'efficacité en temps de chargement et de déchargement des navires et principalement « l'adaptation des ports à la modernité ».

Les nouveaux équipements ont nécessité aussi une nouvelle infrastructure pour un fonctionnement approprié. Des infrastructures portuaires comme des terre-pleins de quais conçus pour soutenir les poids de véritables batteries de portiques au bord des quais furent créées ou renforcées. Les quais ont été aussi aménagés pour la circulation des véhicules (camions et plates-formes) et équipés de rails pour permettre les déplacements des portiques le long des postes d'accostage des navires. Ces changements ont ainsi modifié les activités et le paysage portuaire. Les changements dans la manutention ont entraîné des changements d'usages dans le travail des dockers, et aussi de leur nombre nécessaire pour la manutention.

### **Photo 1. Terminal de conteneurs de Gioia Tauro, Italie**

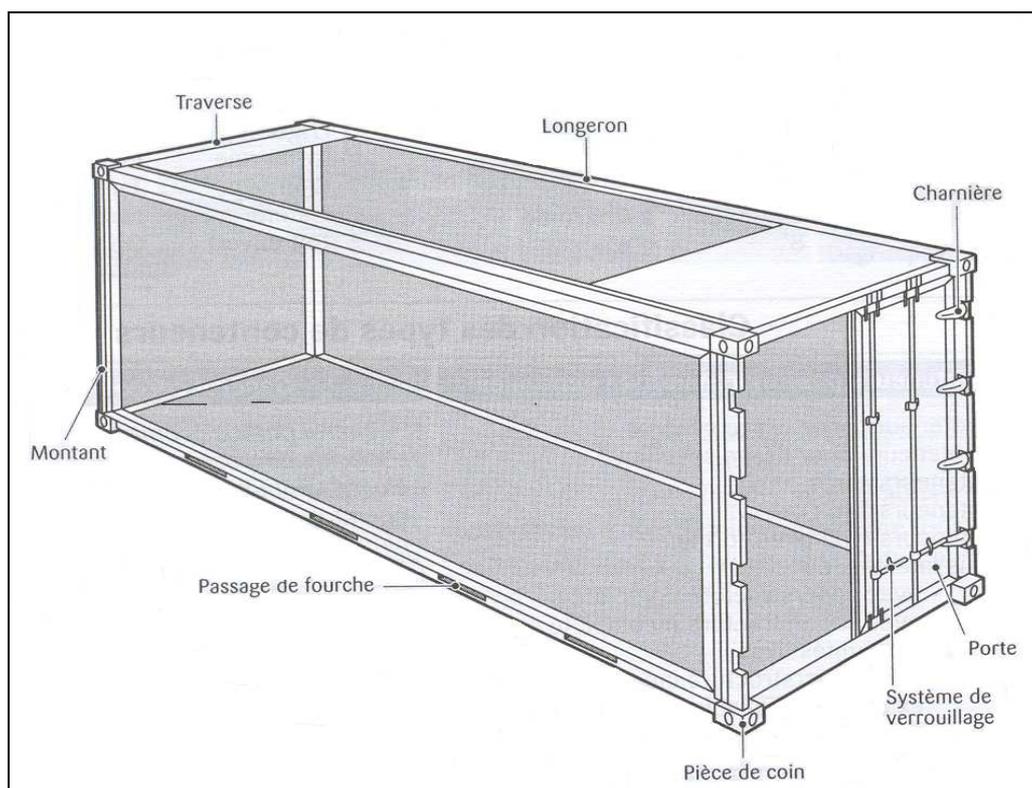


Photo : Autorité portuaire Gioa Tauro

La technologie simple et efficace du conteneur a supprimé le besoin des entrepôts de stockage pour protéger la marchandise en attente d'embarquement ou d'acheminement

terrestre, parce que le conteneur sert non seulement de contenant mais aussi d'enveloppe de protection de la charge contenue. En conséquence les zones ouvertes dédiées au stockage de conteneurs ont remplacé progressivement les entrepôts dans les zones portuaires. Cependant, il reste encore dans plusieurs zones portuaires du monde, des entrepôts abandonnés en attente de démolition, des équipements de manutention traditionnelle inutilisés, ainsi que des installations et des équipements spécialisés liés aux anciennes activités portuaires hors d'usage à présent. Mais le phénomène de la conteneurisation est allé au-delà. Plusieurs évolutions quantitatives et qualitatives des activités portuaires se sont opérées en conséquence de l'adoption du conteneur comme unité de charge de natures diverses. On pourrait dire que l'avènement du conteneur a été le déclencheur des dernières évolutions portuaires.

**Fig.3 Structure d'un conteneur**



Source : D.Chevalier et F. Duphil, Le transport

### 1.3.2 L'évolution de la manutention portuaire

Les évolutions d'activités de manutention portuaire dues à la conteneurisation, ont entraîné aussi des évolutions qualitatives et quantitatives du transport maritime, des navires de commerce et des routes maritimes de commerce international. Du point de vue qualitatif on peut faire mention du besoin de nouvelles infrastructures et d'équipements qui ont poussé à l'obsolescence les anciens équipements portuaires (1.1). Les nouveaux équipements ont amélioré l'efficacité de la manutention portuaire et ont ainsi réduit les temps d'embarquement et de débarquement de marchandises. On assiste actuellement à une véritable course intra portuaire des équipements de manutention de conteneurs. Les portiques ainsi que les véhicules terrestres (camions et plates-formes) et les chariots cavaliers assurent l'embarquement, le débarquement et les mouvements de conteneurs entre les zones de stockage et les quais. En d'autres termes ces équipements réalisent physiquement l'interface « mer – terre » ou « bord de navire – quai ».

L'efficacité de la manutention de conteneurs dans un port dépend donc de l'efficacité de fonctionnement de chacun des trois types d'équipements de manutention énoncés, du nombre total des équipements en fonctionnement sur les quais, du nombre de positions à quai et du niveau de coordination de mouvements entre les trois équipements. D'autres facteurs d'infrastructure comme la distance moyenne entre les quais et les zones de stockage, la surface de la zone de stockage et l'aménagement de cette zone vont jouer un rôle indirect mais important dans la coordination des véhicules (camions et plates-formes), des chariots cavaliers et des portiques à quais. Ainsi, la zone de stockage participe fortement à la capacité portuaire de manutention de conteneurs et à l'efficacité de cette manutention (O.Joly, H.Martell, 2003).

La constante amélioration des capacités des équipements en termes de puissance de levage et de dimensions permettant de manutentionner plusieurs conteneurs à la fois, permet aussi de réduire les temps de séjour des navires à quai et donc leurs délais d'escale. Les nouveaux équipements de manutention et l'avènement des navires Post-Panamax, sont devenus les grands moteurs de la course vers le gigantisme de navires porte conteneurs. D'un côté la restriction de la largeur des navires Panamax (32m) n'existe plus et d'un autre côté les nouveaux portiques sur rails ont permis une manutention plus soignée, propre, complètement mécanisée et capable d'atteindre toute

position sur le pont des navires pour charger et pour décharger les conteneurs avec une grande rapidité. En moyenne, la capacité de manutention de conteneurs est de 25 à 30 par portique et par heure. Cette nouvelle réalité de la manutention et de la tendance à l'optimisation permanente, a permis aux constructeurs navals de concevoir des navires chaque fois plus longs et plus larges pour augmenter la charge utile du navire. L'architecture des navires a été aussi modifiée, les formes carrées sont donc préférées par les constructeurs, pour pouvoir fournir un espace plus adapté et le plus grand possible pour le stockage de conteneurs.

**Photo 2. Les équipements concrétisent l'interface « Mer – terre »**



Terminal de conteneurs de Marseille, France

Photo : Autorité portuaire de Marseille

Les nouvelles conceptions de navires porte-conteneurs ont ainsi vu le jour. Les armateurs toujours préoccupés par la possibilité de transporter des volumes plus importants de marchandises à moindre coût, sont d'avidés demandeurs de porte-

conteneurs de nouvelle génération. Les nouveaux navires chaque fois plus grands et plus automatisés, ont permis aux armateurs d'augmenter leur offre en restant concurrentiels face à une lutte de prix entre les armements, chaque fois plus serrée. Ainsi la tendance vers la conteneurisation a été renforcée et la course des armateurs vers le gigantisme a été engagée. L'évolution des navires porte-conteneurs peut être divisée en 5 générations.

- La première, en vogue pendant la décennie de 1960, a été configurée par des navires « Panamax » classiques de type cargo qui ont été reconvertis, avec des capacités entre 200 et 800 EVP.
- La deuxième génération a eu les premiers navires spécialement conçus pour le transport de conteneurs entre la fin des années 1960 et la décennie de 1970 : ils ont été de type « Panamax » avec des capacités autour de 2000 EVP.
- La troisième génération qu'on peut situer entre la fin des années 1970 et la décennie de 1980, a vu encore un agrandissement de la capacité de charge des navires à environ 3000 EVP et aussi de leur largeur au maximum de la contrainte de la largeur du canal de Panama de 32m.
- La quatrième génération de porte-conteneurs qu'on peut situer entre la fin des années 1980 et la décennie de 1990 a augmenté davantage la longueur des navires pour augmenter la capacité de charge à 4000 EVP en respectant la contrainte de largeur « Panamax ».
- Les navires actuels de cinquième génération ont dépassé la largeur « Panamax », ils ont atteint les 43 m de largeur et des tirants d'eau de 14,5 m pour avoir des capacités entre 8000 et 10000 EVP. La course continue et on parle déjà d'une sixième génération.

La course continue et on parle déjà d'une sixième génération. Bientôt les compagnies maritimes se voient obligées d'avoir dans leur flotte des navires super porte-conteneurs de plus de 4000 EVP pour se maintenir dans la compétition du transport maritime international. Dans la décennie de 1990, l'existence de porte-conteneurs géants, chez les principaux armements mondiaux, est devenue plus un besoin pour se maintenir sur le marché mondial du transport maritime qu'un avantage concurrentielle face aux autres armateurs.

Par ailleurs, les super porte-conteneurs sont devenus un élément restructurant des flottes et aussi des équipages car le besoin de personnel à bord par rapport au nombre de conteneurs transportés a diminué de façon importante : un porte-conteneurs géant de capacité de 8000 à 9000 EVP se substitue à 10 et 12 porte-conteneurs de première génération de capacité de 800 à 1000 EVP ainsi que 2 porte-conteneurs de la dernière génération Panamax qui transportent de 3500 à 4000 EVP. Les navires porte-conteneurs géants de dernière génération avec une capacité de 8000 EVP ou plus, réduisent les coûts de salaires des équipages de 90% à 50%. En augmentant de cette manière la capacité d'un seul navire, les coûts totaux de transport maritime diminuent, les économies d'échelle augmentent et le profit des armateurs par équipage et par navire augmente aussi.

En France, le secteur maritime civil emploie 45 000 marins ou salariés, à la pêche, dans la marine marchande et dans le secteur portuaire. On peut considérer que les activités maritimes sont productrices de richesses à trois titres : au titre des activités de pêche et d'élaboration et de transformation de produits, au titre des activités de transport et de production de services, et au titre des activités de conception et de construction navale. Aujourd'hui, ce secteur est affecté par de profondes mutations qui se caractérisent par :

- un développement de l'automatisation ;
- une intégration croissante entre les activités à bord et celles à terre ;
- une diminution globale du nombre de navires et corrélativement du nombre de salariés dépendant des activités maritimes » (C.Chauvin,1998)

Le phénomène de diminution des équipages par rapport au nombre de conteneurs transportés est évident quand on considère que la capacité des navires porte-conteneurs a augmenté entre la décennie de 1960 et 2000 de 200 à 400 EVP, à 6000 – 8000 EVP tandis que les équipages nécessaires par navire sont restés constants, (25 – 30 effectifs). Ce phénomène de réduction d'équipages par nombre de conteneurs transportés ne signifie pas que la demande de marins soit en chute, mais que cette demande ne suive pas l'augmentation explosive du transport de conteneurs.

Certes, l'augmentation du transport maritime conteneurisé provoque l'augmentation du nombre de navires de la flotte mondiale et donc une augmentation de demande d'équipages qui contrebalance l'effet négatif de la croissance de capacité des navires sur

l'emploi des équipages. Le trafic portuaire mondial de conteneurs en 2003 a augmenté de 9,2 % par rapport à l'année précédente pour atteindre 266,3 millions EVP tandis que la croissance de la demande d'équipages est augmentée de 9,8 %. Cette augmentation presque proportionnelle, correspond à l'augmentation des navires porte-conteneurs pour la même année (source : UNTCAD). Mais, cela n'enlève pas le fait de qu'à navires plus grands, moins est le besoin des effectifs d'équipage par rapport au nombre de conteneurs transportés. Si l'augmentation du trafic serait supportée par des navires de quatrième génération avec la moitié de capacité que les actuels, l'augmentation de la demande d'équipages aurait pu être le double.

### **Photo 3. Navires porte-conteneurs de quatrième et de cinquième génération**



P&O NEDLLOYD Southampton  
Capacité: 6690 conteneurs 40'  
Cinquième génération  
Plus grand porte-conteneurs (2005)



NYK Antares  
Capacité: 5700 conteneurs 40'  
Cinquième génération



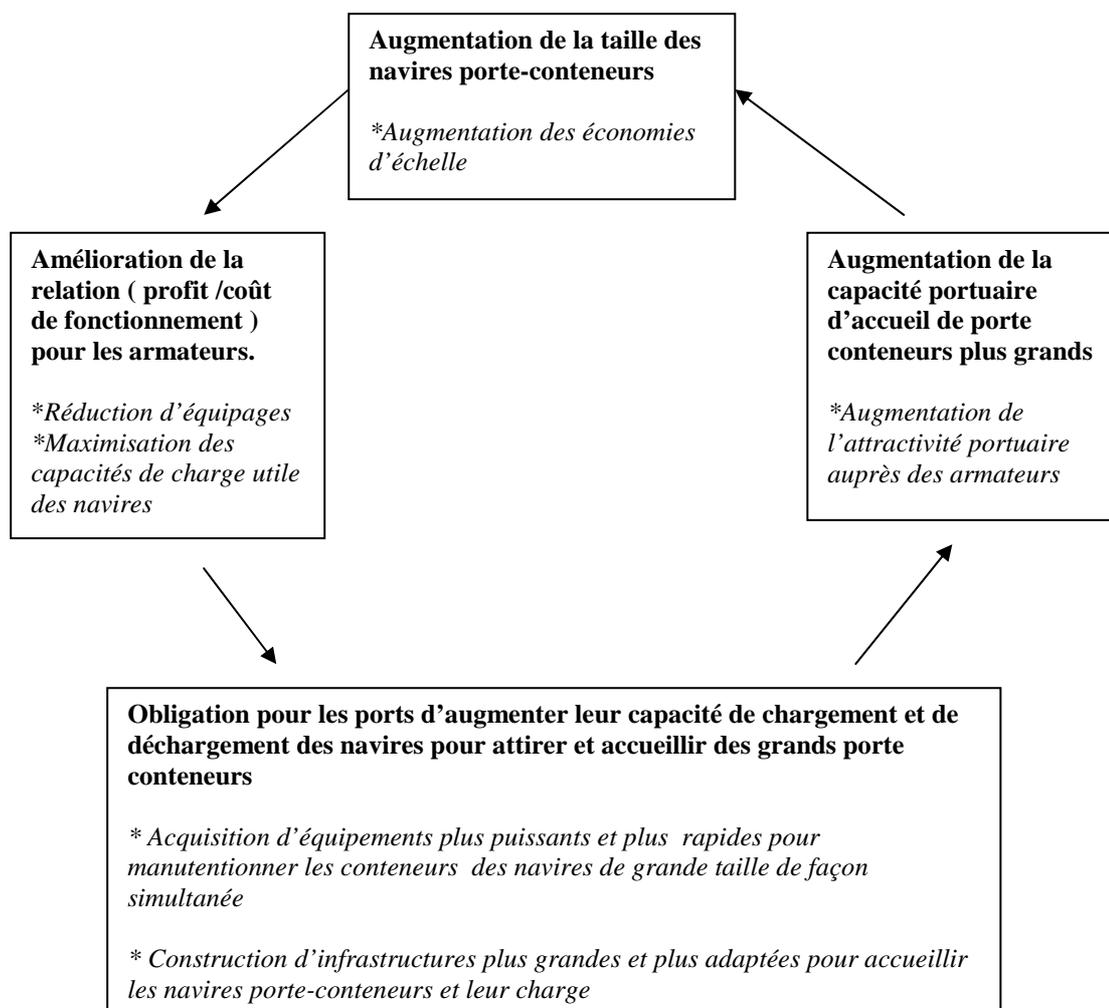
SEA-LAND Charger  
Plus grand porte-conteneurs PANAMAX  
Quatrième génération  
Capacité: 4000 conteneurs 40'

Actuellement, la conteneurisation poursuit une augmentation soutenue partout dans le monde. Les modes de transport terrestre ont aussi une tendance croissante à s'adapter au conteneur. Le mode de transport routier est à l'origine de l'idée que le conteneur est le plus adapté, et d'ailleurs il est celui qui profite le plus de la conteneurisation parmi les autres modes terrestres. Le transport ferroviaire a aussi une forte tendance d'adaptation au conteneur. Cette tendance d'adaptation est manifeste à travers les dernières innovations ferroviaires en matière de multimodalité comme par exemple : le rangement de conteneurs à double étage (double-stack) sur plate-forme, les ports secs « dry ports » et les plates-formes ferroviaires multi modales qui ont par but principal d'effectuer le transbordement inter modal de conteneurs « rail – route ». On assiste aussi à la conteneurisation de la voie fluviale. Ainsi, les péniches traditionnellement conçues pour le transport de marchandises en vrac ont déjà pris une part de l'acheminement et du post acheminement terrestre de conteneurs pour desservir les ports maritimes et leurs arrière-pays. Nous pouvons constater la présence et l'intérêt des armements et des manutentionnaires dans les investissements pour l'opération, la construction et l'équipement des terminaux fluvio-maritimes de conteneurs (A.Vigarie,2004). Les investissements d'armateurs et manutentionnaires comme « Hutchison Whampoa » dans des terminaux fluvio-maritimes spécialisés dans le transbordement « péniche – navire » de Rotterdam et Duisburg en témoignent.

La progression du conteneur comme unité de transport a été aussi favorisé par la diversification des marchandises susceptibles d'être conteneurisées. Ainsi, en plus des marchandises générales comme les produits manufacturés de tous types, tissus, plastiques, ferraille, déchets industriels et autres, on a vu apparaître des conteneurs spécialisés pour le transport de produits avec des exigences particulières de transport : par exemple, les conteneurs frigorifiques qui permettent le transport des produits agricoles et alimentaires périssables (fruits et légumes, viandes et poissons congelés). Un autre exemple est celui des conteneurs citernes, conçus pour le transport de matières dangereuses et de produits chimiques qui ont aussi permis de concurrencer les transports classiques en camion citerne ou en wagon ferroviaire citerne. D'autres conteneurs ont été mis au point pour le transport de certains produits spécifiques. Par exemple le système « Flatrack » qui permet de transporter des véhicules ou des camions sur un conteneur plate-forme, susceptible d'être manutentionné comme un conteneur classique de 40 pieds. Finalement, il faut faire mention d'un phénomène industriel inverse et qui est devenu commun de nos jours. On

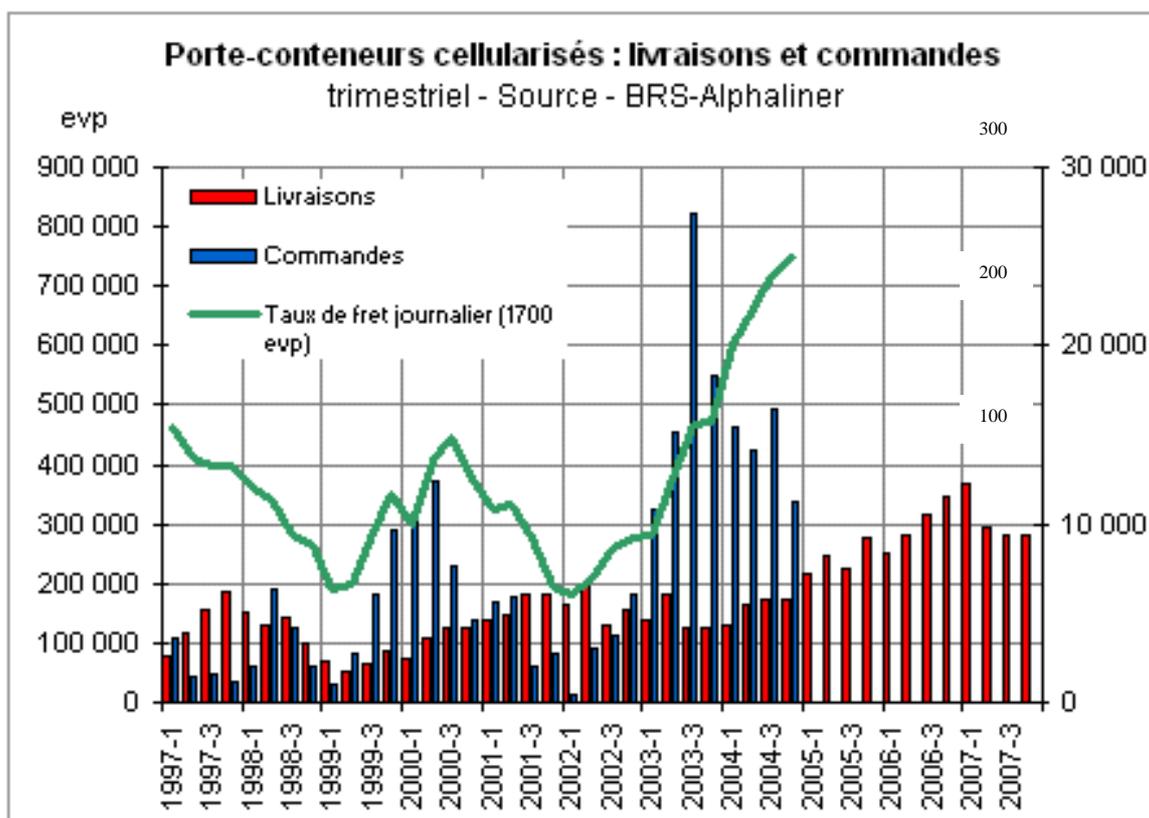
parle d'un phénomène inverse car il est contraire de la logique traditionnelle dans laquelle les emballages doivent s'adapter aux marchandises contenues. Aujourd'hui, on peut remarquer une tendance d'adaptation des produits industriels et de boîtes pour l'emballage des produits finis ou semi-finis aux dimensions standard à partir des dimensions des conteneurs. Ce paramètre de dimensionnement industriel cherche à optimiser les cargaisons et à réduire les coûts de transport entre les différents sites de production et d'assemblage des produits semi-finis, ainsi que les coûts de distribution des produits finis. Le conteneur participe à la distribution de la production industrielle, il est donc une partie de la chaîne de production en tant qu'unité de transport de produits semi-finis, et il participe aussi à la définition même des dimensions des produits.

**Fig.4 Diagramme cause et effet de la course vers le super porte-conteneurs**



La progression de la conteneurisation continue. En 2004, 175 navires ont été livrés et au premier janvier 2005, la flotte mondiale de navires porte-conteneurs cellularisés atteignait 3 362 navires (7,29 millions EVP). La flotte de porte-conteneurs représente 89 % de la flotte totale déployée pour le transport maritime de ligne (mesuré en EVP). Nous pouvons dire que la généralisation de l'utilisation des conteneurs a été si vite répandue en tant qu'unité de transport, que les modes de transport routier, maritime, ferroviaire et fluvial se sont adaptés à la charge conteneurisée et que la tendance actuelle d'évolution du transport de marchandises en général, est complètement basée sur cette unité de transport « le conteneur ». L'amélioration des infrastructures portuaires et des équipements pour la manutention de conteneurs, la course vers les porte-conteneurs géants, l'adaptation progressive des modes de transport terrestres aux exigences de la multimodalité du transport de marchandises conteneurisées et la conteneurisation grandissante de tout genre de marchandises, sont des arguments suffisants pour affirmer que le transport conteneurisé continuera sa progression.

**Fig.5 Augmentation de la flotte mondiale de navires porte-conteneurs**



Source : Alphaliner

Maintenant, en acceptant les faits de l'augmentation des trafics conteneurisés au niveau mondial et de la continuité des tendances du commerce international, ainsi que du transport maritime en particulier, il faut réfléchir pour identifier et prévoir les effets secondaires de ce processus de conteneurisation et de la dynamique commerciale actuelle des activités économiques liées au transport maritime, à la production industrielle et à l'organisation du transport. Ensuite nous aborderons les effets secondaires de ces tendances sur la réorganisation du transport maritime. Bien que notre sujet principal d'étude soit celui du «cabotage en Europe», les évolutions du transport maritime international ont des effets indirects sur l'ensemble des activités maritimes. De nombreux changements se sont opérés dans les ports européens et dans leurs activités traditionnelles comme conséquence de ces effets. Nous considérons certains de ces changements comme des facteurs favorisant le développement du cabotage et d'autres comme s'y opposant.

#### **1.4 Le gigantisme de porte-conteneurs et leurs routes transocéaniques, comme cause de reconversion des fonctions portuaires**

Le gigantisme progressif des navires porte-conteneurs a plusieurs implications et provoque des effets secondaires autres que la simple amélioration des économies d'échelle, l'optimisation du transport maritime de conteneurs ou le besoin de grands investissements portuaires. Aujourd'hui les effets secondaires de ce phénomène vont jusqu'à la restructuration organisationnelle du transport maritime mondial avec des conséquences sur l'ensemble des acteurs du transport maritime, sur les ports et sur les activités économiques des villes portuaires.

Comme conséquence de la course vers les super porte-conteneurs qui de nos jours atteignent des capacités de 10000 à 12000 EVP, plusieurs changements qualitatifs et aussi quantitatifs se sont opérés au niveau mondial. Les changements dans les activités du commerce maritime dus au progrès de la conteneurisation et à la course vers le gigantisme des navires porte-conteneurs ont provoqué les phénomènes suivants :

- L'effet de diminution du nombre de navires sur les principales routes du transport mondial par rapport au nombre de conteneurs transportés;
- Une réduction progressive des équipages par rapport aux tonnages transportés ;

- Une restructuration permanente de la circulation maritime ;
- Le déséquilibre croissant entre « Capacité portuaire installée » et « Capacité portuaire utilisée » dans un pays ;
- L'augmentation de l'incertitude sur l'avenir des trafics conteneurisés dans les ports ;
- La formation des alliances d'armateurs qui génère une dynamique commerciale de cartels voir d'oligopoles dans l'activité du transport maritime international.

En même temps, ces phénomènes ont des répercussions sur l'ensemble des acteurs de l'activité de transport maritime. Nous analyserons comment chaque phénomène se répercute actuellement sur les acteurs directs de l'activité commerciale portuaire : armateurs, chargeurs et manutentionnaires, ainsi que sur les ports, sur les villes portuaires et finalement sur les activités économiques des populations des villes portuaires.

#### **1.4.1 L'effet de la diminution du nombre de navires de transport par rapport au nombre de conteneurs transportés**

La tendance de construction de navires porte-conteneurs toujours plus grands a affecté directement l'industrie de la construction navale, en raison de la diminution de commandes qu'implique le fait qu'un porte-conteneurs de construction récente de 6000 à 8000 EVP de capacité, remplace 3 ou 4 navires de capacité de 2000 EVP. Evidement, on ne peut arrêter ni le développement technologique ni la libre concurrence qui ont motivé le gigantisme des navires pour la concentration du fret. Mais, ces facteurs génèrent respectivement la possibilité et le besoin de navires porte-conteneurs plus grands et en conséquence la diminution du nombre de commandes de navires. Ce phénomène, est contrebalancé par l'augmentation de trafic conteneurisé et donc on pourrait parler d'une quasi stabilité dans la demande de navires, mais dans tous les cas, cette stabilité dépend uniquement de la croissance du trafic. Par ailleurs, il est vrai que certains chantiers navals suffisamment concurrentiels ont réussi à faire de la construction de porte-conteneurs une spécialité et donc profitent de cette course au gigantisme des navires. Il existe aussi un phénomène conjoint de délocalisation de la production navale à cause de hauts coûts de production. Mais il fallait expliquer le fait, que cette nouvelle dynamique vers le gigantisme a fait diminuer le nombre de commandes aux chantiers navals par rapport aux volumes transportés. De cette manière, ce phénomène contribue à la pénurie de commandes connue par la plus grande partie des chantiers navals du monde. Nous

pouvons constater qu'une grande partie des chantiers navals auparavant très productifs, ne sont plus en fonctionnement aujourd'hui, ou bien, ils ne sont dédiés qu'aux réparations éventuelles. Dans cet état de choses, beaucoup de chantiers navals sont, soit laissés à l'abandon à cause des hauts coûts d'entretien qui rendent leur exploitation antiéconomique, soit considérés comme des zones portuaires à reconvertir, faisant ainsi un grand gaspillage des capacités existantes.

#### **1.4.2 Une réduction progressive des équipages par rapport aux tonnages transportés**

Le gigantisme des navires porte-conteneurs suppose une diminution du nombre de navires sur la même route pour transporter le même volume de marchandises conteneurisées. Donc on peut dire que le métier des officiers et des marins en général a souffert aussi d'une baisse de demandes à cause de ce gigantisme. Bien entendu, le navire porte-conteneurs n'est pas le seul type de navire existant et il y a une demande d'officiers et d'équipages pour d'autres navires comme les gaziers, les navires « général cargo », les vraquiers, les ferries ou autres. Mais il est vrai que plus la conteneurisation et la technicité des navires avancent, le métier de marin devient de moins en moins recherché par rapport aux volumes transportés. En février 2006, un rapport sur l'offre d'emploi pour matelots et officiers marins, a été présenté dans la session maritime de la conférence internationale du travail (OIT). Le rapport met en évidence l'existence d'une baisse de la demande des marins au niveau mondial. Nous citons d'après le résumé du rapport : « Près de 1,2 million de marins travaillent pour l'industrie maritime dans le monde. Les équipages sont composés de marins de plusieurs nationalités différentes. A bord des bateaux de croisière, les équipages se composent souvent de 20 nationalités ou plus. Le boom de la construction navale actuelle a créé une forte demande d'officiers dans le monde, la tendance aux navires de plus en plus automatisés réduit également le besoin de matelots. » Une autre source, le rapport du conseil maritime international et baltique (BIMCO) et de la fédération maritime internationale (ISF) de décembre 2005, confirme cette tendance de baisse sélective de la main d'œuvre en mer. Il estime qu'il existe un déficit de 10000 officiers qualifiés et un surplus de 135000 matelots au niveau mondial, c'est-à-dire un surplus de matelots de 11% de l'effectif mondial.

D'autre part, on pourrait supposer que le phénomène de diminution de la demande d'équipages peut avoir lieu exclusivement sur les grandes routes mondiales de transport maritime, c'est-à-dire sur les lignes du « long cours ». Cela laisserait comme alternative de débouché professionnel pour les marins, le « court cours », normalement intra continental ou cabotage. Mais malheureusement, le processus de gigantisme des navires a été accompagné à terre par un phénomène d'expansion des réseaux routiers et d'augmentation de leur densité. Cette facilité de transport terrestre, entre autres facteurs sur lesquels on reviendra plus tard, a diminué voire supprimé la compétitivité du transport maritime pour les dessertes intracontinentales. De cette manière, les trafics intra continentaux de navires ne profitent que d'une faible croissance et dans certains cas la fermeture de lignes s'est avérée nécessaire.

### **1.4.3 Une restructuration permanente de la circulation maritime**

Comme effet des changements récents dans les 35 dernières années, les routes maritimes ont souffert des changements de façon continue jusqu'à nos jours. Parmi les principaux changements se trouvent la conteneurisation progressive du transport maritime, le gigantisme des navires porte-conteneurs et les alternatives terrestres au Canal de Panama pour le franchissement du continent américain pour les itinéraires de l'océan Atlantique au Pacifique et vice-versa. Aujourd'hui une certaine stabilité est atteinte. Néanmoins, de nombreux changements continuent à s'opérer plus en fonction de la stratégie des acteurs du transport maritime comme les armateurs, les compagnies de manutention et les ports, qu'en fonction des aspects traditionnels qui imposent des contraintes physiques à la structuration de la circulation maritime.

**On peut identifier et grouper les causes de restructuration de la circulation maritime comme :**

- géographiques
- politiques
- techniques
- commerciales

## Les causes géographiques

La forme de la structure de la circulation maritime obéit principalement aux distances entre les points de desserte du service de transport maritime, aux localisations des ports, aux localisations des pôles de production et de consommation, aux obstacles à la navigation comme les récifs, les îles, les courants marins ainsi qu'à la morphologie propre des continents à contourner pour relier les ports d'origine et de destination des marchandises.

## Les causes politiques

La structuration de la circulation maritime est dessinée aussi par rapport à des politiques économiques nationales et de défense, ainsi qu'aux politiques internationales de commerce et de régulation du transport maritime. Hors des zones exclusives de navigation et des zones interdites à la navigation commerciale, les politiques nationales influencent la structuration de la circulation maritime. Ces politiques nationales sont d'un côté, celles de l'aménagement du territoire, et d'un autre côté, les politiques de libéralisation des échanges ou de protectionnisme commercial. Les politiques d'aménagement du territoire ont un impact indirect sur la structuration de la circulation maritime puisqu'elles modifient les arrière-pays portuaires ou les ports mêmes.

Les politiques internationales qui se répercutent sur la structuration de la circulation maritime sont celles liées aux embargos commerciaux et aux zones de conflit d'un côté, et d'un autre côté, les politiques de régulation de la navigation (ex. sens de navigation et frange de séparation du trafic dans La Manche, Ouessant, Gibraltar, Suez). Comme politiques de régulation commerciale et de sécurité du transport maritime, nous trouvons toutes les réglementations de concurrence du transport maritime, de nationalité ou d'attachement national des navires, de propriété et de location des navires, de responsabilité des propriétaires et d'affréteurs de navires, d'assurance des navires et des marchandises transportées, de procédures portuaires, de procédures douanières, d'exploitation des navires et de composition des équipages ainsi que de respect de l'environnement.

## Les causes techniques

De multiples causes techniques ont modifié et modifient la structuration de la circulation maritime. Ces causes peuvent être internes ou externes aux activités de transport maritime. Les causes internes sont liées aux caractéristiques, vitesse et dimensions des navires, aux disponibilités de carburant pour les navires, aux capacités de charge utile des navires et aux capacités portuaires d'accueil des navires. Les causes techniques externes qui peuvent influencer la circulation du transport maritime sont liées d'un côté, aux développements et aux améliorations des moyens de transports terrestres concurrents du transport maritime, pour le transport de marchandises, et d'un autre côté aux développements et aux améliorations des infrastructures qui facilitent la navigation.

Comme causes internes de la structuration récente de la circulation maritime nous pouvons citer le gigantisme des navires en général, et de façon particulière, celui des porte-conteneurs. En même temps, l'existence de super porte-conteneurs a facilité la concentration des marchandises diverses aux multiples destinations sur un ou plusieurs continents autres que le continent d'origine. Ce fait a eu pour conséquence une restructuration de la circulation maritime qui consiste en l'augmentation de la concentration des échanges sur certains ports des principales routes maritimes, et à la diminution des échanges internationaux sur d'autres ports. En ce qui concerne le nombre de navires des flottes, une réduction des navires en circulation par volume transporté s'est opérée sur les routes transcontinentales et une augmentation de la disponibilité des navires de moindre capacité s'est produite dans les zones maritimes intercontinentales.

Une autre cause technologique interne au transport maritime qui a influencé la circulation maritime est l'avènement des navires « Roll-on Roll-off ». Ce type de navire donne la possibilité de transporter des camions et leurs marchandises directement d'un port, à un autre port sans nécessiter de rupture de charge ; la combinaison camion – remorque permet, en effet, d'avoir des unités de charge automotrices qui n'ont pas besoin de manutention portuaire. Cette avancée technologique fait des ports maritimes juste des points de passage et permet ainsi la connexion virtuelle des réseaux autoroutiers d'un pays à un autre. Cela crée une concurrence aux ports maritimes en général par les ports qui se sont spécialisés dans le transport roulier. Ces ports qui développent fortement le transport

roulier profitent de leurs localisations géographiques stratégiques entre pôles urbains ou industriels et dans certains cas des détroits maritimes, Ils deviennent ainsi les « têtes de ponts » des réseaux routiers ( par exemple Malmo). De cette manière, les navires Ro-Ro ont absorbé une partie du transport de marchandises par mer, sur des itinéraires précis et ont stimulé la spécialisation de certains ports, modifiant ainsi la circulation maritime.

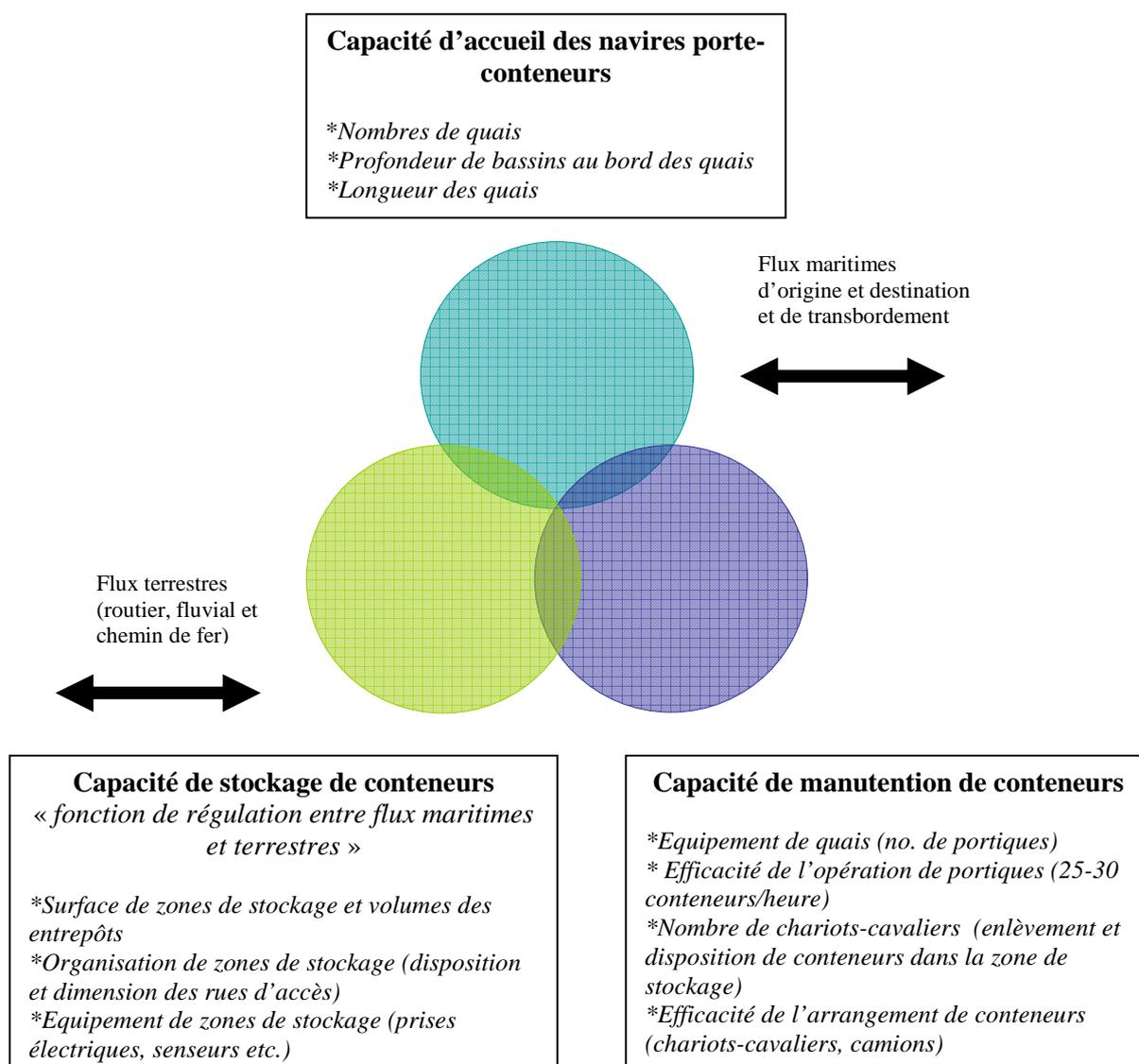
La disponibilité de carburant pour les navires, « soutage » ou « bunkering » est aussi une des causes technologiques de la modification de la circulation maritime. Les armateurs préfèrent pour leurs navires, des itinéraires avec des escales dans des ports où il est possible de refaire le plein de carburant des navires de façon rapide, avec un minimum de complications et si c'est possible là où le carburant coûte le moins cher. Cette préférence de la disponibilité de carburant et de son prix compétitif devient un atout portuaire d'attraction du trafic maritime, qui influence la circulation maritime. L'augmentation de la charge utile des navires est l'objectif principal du gigantisme des navires débattu précédemment. L'augmentation de capacité provoque une concentration de marchandises sur les grands navires transocéaniques. Cette concentration de marchandises a pour effet une baisse de la demande de services de transport pour les navires de taille moyenne ou de moindre capacité, ayant ainsi un effet secondaire sur la circulation maritime, du point de vue quantitatif, à cause de la diminution de navires par tonnages transportés, et du point de vue de la direction des flux maritimes, à cause du phénomène de concentration des flux feeders.

Un autre aspect technologique qui provoque ou qui peut provoquer des changements importants dans la structure de la circulation maritime, est sans doute celui de la « capacité portuaire ». Les armateurs seront toujours plus attirés par des ports où les navires peuvent accéder au port, accoster et leurs marchandises être manutentionnées le plus vite possible. Cet aspect est de la plus haute importance, parce que les ports sont les installations qui permettent l'approche des navires à terre et la manutention de leurs marchandises. Alors, la facilité d'accessibilité des navires aux ports et une forte capacité d'accueil des navires sont des caractéristiques nécessaires des ports, et leur performance devient un atout dans la concurrence intra portuaire. La facilité d'accès d'un port et sa capacité d'accueil sont données par ses infrastructures. La facilité d'accès est due à la largeur et à la profondeur du canal d'accès et de l'entrée au port, à la forme, à la surface et

à la profondeur de darses d'évitement ainsi qu'à la distance moyenne existant entre les quais et l'entrée du port.

La capacité d'accueil portuaire est définie par le nombre et la taille des infrastructures qui permettent l'accostage des navires, et par les équipements portuaires qui effectuent les manœuvres de chargement et de déchargement des marchandises. Comme exemple des infrastructures, nous avons les quais, les rampes Ro-Ro et les ducs d'albe. Quand les navires sont à quai, la capacité portuaire de manutention est le facteur le plus important. Une bonne capacité de manutention permet le chargement et le déchargement simultanés de plusieurs navires, et permet ainsi de réduire les temps d'escale des navires en fonction de l'efficacité de la manutention. Cette capacité de manutention est apportée donc par la quantité, la puissance et la coordination des équipements de chargement et de déchargement des navires, comme les rampes Ro-Ro, les bandes roulantes pour les vracs et les grues pour les marchandises en général. Dans le cas spécifique des conteneurs, la capacité de manutention est donnée par les portiques à conteneurs, les chariots cavaliers et les tracteurs de quai. Après ou avant la manutention en bord de quai ou « embarquement – débarquement », la capacité du port est fonction de la capacité de stockage des marchandises. Cette capacité est apportée par des infrastructures de stockage selon le type de marchandise, par exemple : surfaces de stockage de conteneurs, surfaces de stockage des vracs solides, citernes de stockage de vracs liquides et silos de stockage de vracs agricoles.

**Fig.6 La capacité portuaire pour desservir les trafics de marchandises conteneurisées**



© H. Martell, 2005, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

En ce qui concerne les trafics conteneurisés « la capacité portuaire » est donc l'ensemble fonctionnel de la capacité d'accueil des navires, de la capacité de manutention de conteneurs et de la capacité de stockage de conteneurs. Le manque d'efficacité de l'une des trois capacités de l'ensemble limitera la capacité entière de l'ensemble à la propre capacité du sous-ensemble ou capacité en question. En augmentant la capacité portuaire pour les flux conteneurisés, on rend le port plus attractif pour les escales des navires et

pour le trafic de marchandises. De cette manière, les améliorations techniques des équipements de manutention et des infrastructures portuaires (construction et élargissement) augmentent l'attractivité des ports. C'est pourquoi, les équipements et les infrastructures portuaires sont, de façon indirecte, une des causes de changement de la structuration de la circulation maritime.

## Les causes commerciales

Un autre facteur de structuration du transport maritime est celui du commerce international. Ce facteur fort complexe peut être décomposé en trois grands aspects évolutifs :

- 1) Le niveau d'ouverture économique des pays et les tendances des marchés mondiaux
- 2) La restructuration de la production industrielle au niveau mondial
- 3) Les stratégies des acteurs du transport maritime

1) L'évolution récente des marchés mondiaux est directement en rapport avec les mesures d'ouverture des frontières aux marchandises, de libéralisation économique, de réduction ou d'élimination de taxes et à l'émergence des nouvelles grandes zones de consommation, par exemple : l'ouverture des marchés d'Europe de l'Est en 1989, l'ouverture progressive du marché russe, l'ouverture attendue des marchés chinois et les traités de libre commerce et de circulation sans frontières des marchandises, comme le NAFTA en Amérique du Nord, le MERCOSUR en Amérique du Sud, le COMMONWEALTH qui regroupe les pays de l'ancien Empire Britannique, l'Union Européenne et l'APEC qui regroupe des pays Asiatiques et Américains riverains de l'Océan Pacifique. Ces zones ou groupes de pays profitent de privilèges commerciaux internes. Les traités commerciaux créent un système complexe de relations commerciales entre pays et entre groupes de pays. L'appartenance de certains pays à divers traités commerciaux, augmente cette complexité. Nous ne prétendons pas démêler la complexité des interrelations commerciales et des relations commerciales croisées entre groupes car ce n'est pas notre objectif. Mais nous considérons important de remarquer que cette dynamique du commerce mondial et des marchés, qui de plus est évolutive et qui change rapidement par le biais des alliances

commerciales ponctuelles, est la raison commerciale la plus importante des changements dans la structure de la circulation maritime mondiale.

2) Quant aux évolutions de la production mondiale, nous pouvons dire qu'elles sont structurées certes en liaison avec les traités commerciaux décrits plus haut, mais principalement en fonction des coûts de production industrielle. Bien que cette affirmation puisse paraître simpliste car les facteurs de la production sont les matières premières, la main d'œuvre, et le capital de production, l'affirmation n'est pas fautive. Elle est proche de la réalité dans la mesure où les différentiels des coûts de production entre les pays développés et les pays émergents sont aujourd'hui les principales composantes du profit ou du chiffre d'affaires pour les entreprises multinationales (Ahn Se-Young, 1989). Depuis que le processus mondial de libération économique a permis le déplacement international de capitaux (bien avant le déplacement des marchandises), la production mondiale a suivi une tendance de dispersion et délocalisation géographique. Cette délocalisation a été motivée en partie par la disponibilité dans un autre lieu des matières premières, par l'existence d'une organisation sociale stable, par l'existence des infrastructures de communication, urbaines et de production, permettant l'implantation rapide, par des avantages fiscaux aux implantations industrielles, et principalement par les coûts locaux de main d'œuvre inférieurs. La main d'œuvre bon marché permet une augmentation proportionnelle du profit par unité produite, sans en augmenter le prix final pour le consommateur. Cette possibilité est devenue le cheval de bataille de la concurrence industrielle et entre les entreprises car elle permet de maintenir des prix bas donc compétitifs, et d'augmenter le chiffre d'affaires chaque année. Ainsi, pendant les dernières décennies la production mondiale a été restructurée et délocalisée en bonne partie ; délocalisée en suivant la quête du nouvel « El Dorado » c'est-à-dire la main d'œuvre la moins chère, et restructurée en fonction des nouvelles localisations de la production. A cause de ces nouvelles localisations, les industries ont besoin d'interactions de production dans un système productif fragmenté, complémentaire et géographiquement dispersé.

Au début de ce processus de délocalisations de capitaux, de production industrielle et de libéralisation de marchés, nous trouvons : une forte concentration de production au Japon dans les années 1960 ; puis une concentration importante en Asie de l'Est dans les années 1970- 1980 (Corée du Sud, Taiwan, Singapour) et plus récemment en Chine. En Amérique, nous trouvons aussi des implantations industrielles dues à ce processus dans

certaines pays comme le Mexique, le Brésil, l'Argentine et le Chili pendant les années 1990. Dans ce cas, les implantations industrielles ont modifié la structure mondiale de production de façon individuelle et dans une moindre proportion par rapport à l'Asie, mais sans créer un nouveau pôle de production mondiale, comme dans le cas de l'Extrême Orient à cause de la dispersion géographique, de la taille des pays, ainsi que du manque d'interrelations de production. Les délocalisations ont été accompagnées dans certains pays d'une émergence industrielle nationale et dans d'autres cas, d'une chute de la production nationale et d'une crise économique. La superposition de ces phénomènes, a aussi contribué à la restructuration mondiale de la production et en conséquence à la restructuration du transport maritime mondial.

3) La stratégie des différents acteurs du transport maritime est déterminante dans la structuration de la circulation maritime mondiale. Les stratégies des acteurs sont un produit de la recherche d'optimisation de leurs ressources et de leurs activités ainsi que de la lutte pour conquérir et conserver les marchés. Bien que les stratégies des acteurs du transport maritime (armateurs, autorités portuaires, chargeurs et manutentionnaires) et principalement celle des armateurs soient les facteurs qui dans les faits modifient directement la circulation maritime, elles obéissent de façon implicite aux tendances de la production mondiale et aux évolutions des marchés internationaux. Ainsi la stratégie des acteurs maritimes a changé au fil des années en fonction des opportunités du commerce principalement, mais aussi en fonction de conditions telles la politique internationale, les différences de coûts des services portuaires, le potentiel de l'hinterland des différents ports, les alliances commerciales ou les facilités à la navigation existant dans les ports.

De nos jours, la stratégie des armateurs et principalement de ceux liés au transport de marchandises conteneurisées devient de plus en plus primordiale. Dans un monde avec des règles commerciales de plus en plus homogènes et avec des économies nationales de plus en plus ouvertes, les opportunités de négoce se multiplient partout dans le monde en même temps que les avantages de certains armateurs dus aux protectionnismes nationaux tombent. Alors, dans une égalité grandissante de conditions concurrentielles internationales, le succès économique des armateurs et de leurs flottes ne peut reposer uniquement sur leur stratégie commerciale et d'opération. Nous aborderons plus amplement ce sujet au sous chapitre (1.4) pour discuter de l'actuelle dynamique des ports de concentration et de ports de rayonnement « Hubs & Spokes ».

#### **1.4.4 Le déséquilibre croissant entre « Capacité portuaire installée » et « Capacité portuaire utilisée » dans un pays**

Un autre phénomène actuel qui se manifeste dans un grand nombre de ports maritimes partout dans le monde et qui est fortement présent dans les ports européens est celui de la sur spécialisation portuaire. Cette sur spécialisation portuaire en équipements et en infrastructures est aussi, pour une bonne partie, un effet indirect de la course vers le super porte-conteneurs. En effet, les ports doivent être capables d'accueillir les plus grands porte-conteneurs pour conserver leur attractivité auprès des armateurs et ainsi se maintenir comme des noeuds dans les circuits maritimes internationaux du transport des marchandises conteneurisées. A cause de cette préoccupation de conservation de l'attractivité portuaire, les autorités portuaires se voient obligées de chercher et de réaliser des lourds investissements en infrastructure et en équipements. De cette manière, plusieurs ports sont dotés de capacités d'accueil de navires porte-conteneurs et de manutention des conteneurs bien au-dessus de leurs véritables besoins, créant ainsi un fort déséquilibre entre la « capacité portuaire installée » et la « capacité portuaire utilisée ».

#### **1.4.5 L'augmentation de l'incertitude sur l'avenir des trafics conteneurisés dans les ports**

L'incertitude sur l'avenir des trafics de marchandises conteneurisées est un phénomène qui devient de plus en plus important et qui représente de nos jours un des principaux soucis des autorités portuaires. Cette incertitude est due aux changements de la circulation maritime internationale analysée auparavant ainsi qu'à la forte concurrence entre ports pour offrir des capacités importantes d'accueil de navires et des prestations portuaires plus performantes. Cette préoccupation est manifeste même dans les ports qui bénéficient d'arrière-pays traditionnellement riches ou à la production industrielle importante. Actuellement, nous trouvons des ports aux trafics historiquement importants qui se voient sérieusement concurrencés par de nouveaux ports hautement spécialisés dans la manutention de conteneurs, auxquels on devrait se référer plus précisément comme terminaux à conteneurs (O.Joly, H.Martell, 2003). Les terminaux à conteneurs sont arrivés à concurrencer fortement certains ports traditionnels de grande efficacité en jouant non

seulement sur l'efficacité et la spécialisation, mais aussi sur la diminution des taxes et la réduction des prix des services portuaires.

#### **1.4.6 La formation des alliances d'armateurs qui génère une dynamique commerciale de groupes maritimes**

Un autre effet indirect de l'actuelle dynamique internationale du commerce maritime conteneurisé est celui de la formation d'alliances entre des acteurs de transport maritime. La formation d'alliances est née en tant que nécessité des armateurs pour maintenir leur offre de services dans les circuits maritimes internationaux. La nécessité des alliances est motivée par les lourds investissements nécessaires : dans le cas des armateurs, par exemple, pour acquérir un navire porte-conteneurs ou pour proposer des services de transport à destinations multiples sans compter avec une très grande flotte adaptée ou très simplement pour réduire les coûts de transport en profitant des capacités de transport disponibles dans les navires d'un autre armateur ; dans le cas des ports, pour agrandir et conditionner des zones de stockage de conteneurs, augmenter la longueur des quais ou pour équiper les quais d'un port avec des portiques. Ainsi, de multiples partenariats se sont développés entre armateurs, entre ports et aussi entre armateurs et ports. Dans d'autres cas, les compagnies de manutention portuaire participent aussi à des consortiums avec des ports ou des armateurs.

Il est évident que les alliances et les consortiums jouent aussi un rôle important dans les changements des trafics et des activités portuaires, parce qu'ils permettent l'action coordonnée des groupes d'acteurs maritimes, pour atteindre leurs objectifs commerciaux. De cette façon, les alliances et les consortiums augmentent leur force de négociation et leur capacité réelle de transport. La mise en place des premières alliances a obligé indirectement les armateurs et les ports en général, à chercher eux aussi des alliances pour pouvoir faire face aux premières. Ainsi le processus de création des alliances maritimes voire de consortiums entre des ports et des armateurs fut enclenché. Aujourd'hui, les alliances maritimes présentent un poids économique considérable et leur influence est devenue internationale car ils peuvent agir sur les ports par le biais du choix portuaire pour effectuer leurs escales.

En conséquence, la capacité des alliances maritimes à préférer certains ports, fait, que leurs stratégies deviennent un élément fondamental de changement des trafics et des activités dans les ports. Dernièrement, on a pu constater que les armateurs et alliances ont étendu leur influence aux domaines de la manutention portuaire et même au domaine de l'acheminement terrestre. Comme c'est le cas des investissements de la compagnie « Hutchison Whampoa » dans le domaine fluvio-maritime, sur le port de Rotterdam. D'une part, il est clair que la stratégie des alliances est de nos jours une des principales causes de changement des activités portuaires et donc de l'avenir commercial des ports. D'autre part, on peut dire que le pouvoir réel des alliances touche progressivement plus d'activités dans les chaînes du transport maritime.

## **1.5 La dynamique des ports de concentration et des ports de rayonnement «Hubs & Spokes»**

### **1.5.1 Les routes maritimes**

La localisation des principaux pôles de production et de consommation au monde a depuis longtemps dessiné les routes maritimes du commerce. Au cours de l'histoire, différents produits ont été plus fortement demandés que d'autres, soit en tant que produits de consommation, soit en tant que matière première, soit en tant que source d'énergie. Différentes époques du commerce maritime ont été aussi marquées par le commerce d'un produit en particulier, comme le transport du charbon, du café, des épices, etc. Chaque période où un produit ou une matière jouit d'une grande importance, a marqué une configuration géographique différente des routes maritimes. Les routes maritimes ont changé principalement en fonction de la localisation des zones de consommation et de production et en fonction des conditions géopolitiques. De cette façon, au fil des années, plusieurs routes maritimes se sont formées. Certaines anciennes routes ont disparu, d'autres existent encore aujourd'hui et s'ajoutent aux nouvelles routes de navigation, formant ainsi l'actuel tissu de la circulation maritime.

Nous trouvons de multiples routes maritimes qui se sont fortement consolidées à un moment déterminé de l'histoire maritime. La route de la soie entre l'Europe et la Chine qui existait depuis l'antiquité ; la route des épices entre l'Europe et l'Inde qui a pris une importance majeure entre le XIII<sup>e</sup> et le XVI<sup>e</sup> siècle ; la route de l'or dans l'Atlantique

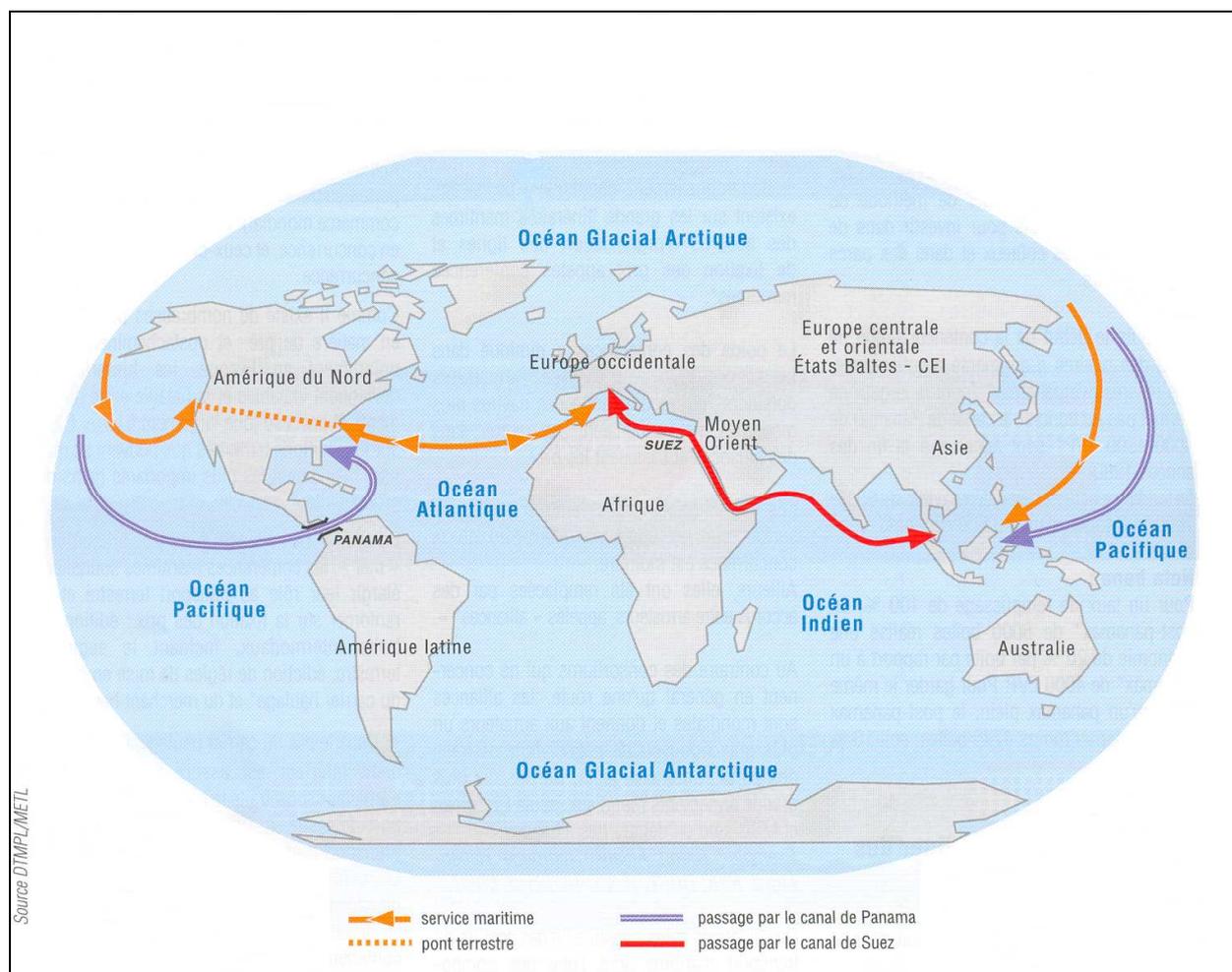
entre l'Amérique coloniale espagnole et l'Espagne du XVI<sup>e</sup> au XVIII<sup>e</sup> siècle ; les routes de l'argent et des fibres textiles au Pacifique entre l'Amérique coloniale espagnole, les Philippines et l'Espagne à peu près dans la même période ; les routes Atlantiques coloniales anglaises qui lient l'Angleterre à l'Amérique du Nord, l'Afrique du Sud, l'Inde, la Chine et l'Océanie principalement pour le transport de produits locaux divers, pendant différentes périodes et jusqu'à la fin de la deuxième guerre mondiale ; les routes coloniales françaises qui lient la France avec la côte occidentale africaine, l'Extrême Orient et les îles coloniales, pendant différentes périodes et jusqu'à la fin de la deuxième guerre mondiale. Plus récemment les différentes routes du pétrole à partir du Moyen Orient, de la Mer Noire, du Golfe du Mexique et du Brésil vers l'Europe, les Etats-Unis, et l'Extrême Orient principalement. Ainsi les besoins de transport de différents produits ont dessiné et redessiné les routes de navigation et en conséquence, ces besoins ont modifié la circulation maritime au long de l'histoire de la navigation.

De nos jours, les routes maritimes les plus importantes ne sont pas définies par les besoins du commerce d'une marchandise en particulier mais par la circulation d'un emballage de marchandise. Cet emballage, « le conteneur » a pris une place essentielle dans la définition de routes maritimes, dans la mesure où les ports les mieux équipés et les plus efficaces pour la manutention de conteneurs sont capables d'attirer le trafic des navires et de modifier ainsi la circulation maritime. Cette évolution commencée dans les années 1960 est sans doute la raison la plus récente du changement ou de modification des routes maritimes. Bien entendu, d'autres facteurs comme la localisation géographique des pôles de production et de consommation mondiaux sont toujours à l'origine de la morphologie des routes maritimes, mais l'influence des ports dans la circulation maritime n'est pas négligeable.

De cette manière, grâce à la convergence et aux caractéristiques des phénomènes actuels de localisation de la production, de conteneurisation des marchandises, de gigantisme de navires et de la course aux infrastructures et aux équipements portuaires, on peut parler d'une nouvelle route mondiale de transport maritime qui influence notre époque. Cette nouvelle route, « La route du conteneur » et son trafic, sont de nos jours les fils directeurs du commerce maritime mondial, bien que d'autres trafics maritimes comme celui du pétrole, du gaz et des matières premières en général soient de la plus grande importance. Le trafic conteneurisé est le principal trafic maritime en raison de la valeur

des marchandises transportées et de leur diversité. Les trajectoires des principaux trafics conteneurisés, leurs ramifications, et leur poids relatif en différentes zones de la planète, ont été étudiés en détail et définis dans des travaux de recherche précédents (Joly 1998).

### Carte 1. Principales routes des services conteneurisés au Monde



Source : Les ports maritimes français dans les échanges mondiaux, SCEREN

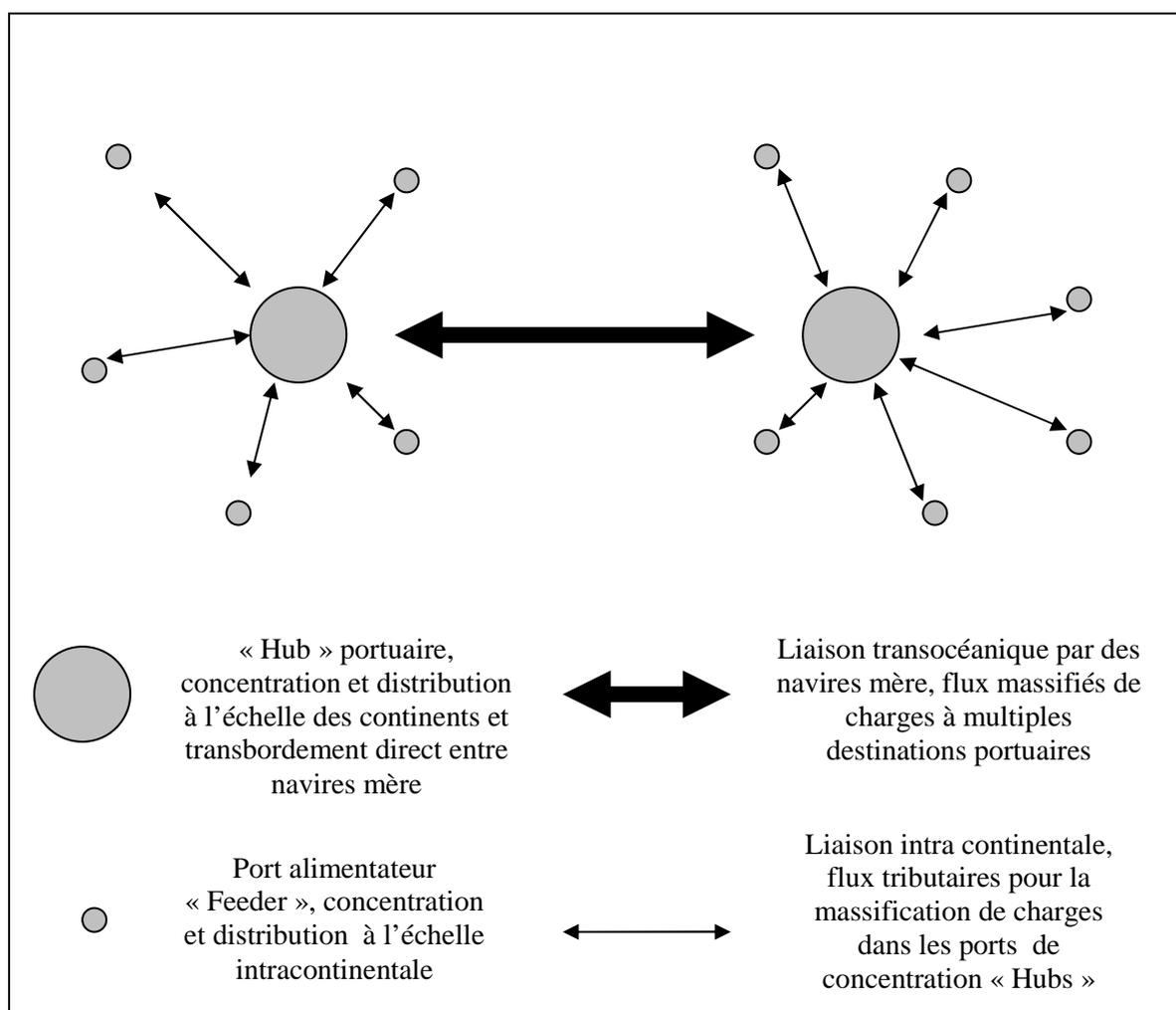
La « route du conteneur » qui ressemble à l'ancienne « route de la soie » avec une extension Europe - Amérique du Nord et une autre extension Amérique du Nord – Extrême Orient est actuellement le cadre principal de l'activité du commerce maritime mondial, de la même façon que toutes les routes maritimes dans le passé ont été créées pour relier les ports existants en fonction des besoins du commerce. La « route du conteneur » est dessinée en fonction des nouvelles dynamiques de production et du commerce dans le monde.

### 1.5.2 L'origine du système « Hubs & Spokes »

De la discussion précédente nous pourrions affirmer qu'une route maritime en général est donc une conséquence de la localisation géographique et du développement du commerce et de la production dans le monde. Vu de cette manière, on pourrait dire à priori que les acteurs maritimes, principalement les ports et les armateurs n'ont pas en réalité une grande influence dans la définition des lignes maritimes car ils ne sont pas capables de gérer l'ensemble de la production ni de choisir sa localisation géographique. Bien que les grands pôles d'origine et de destination soient définis par des facteurs externes aux acteurs du transport, ceux-ci et principalement les armateurs peuvent influencer fortement les routes maritimes et les ports qui s'y trouvent. En même temps, l'existence d'une route maritime peut aussi motiver le développement de ports sur la route et des arrière-pays correspondants. L'intégration des ports en tant qu'escales dans des lignes maritimes est l'enjeu portuaire le plus important. Comme nous l'avons vu auparavant, les principales lignes maritimes de transport de conteneurs « tour du monde » font la liaison entre l'Europe, l'Amérique du Nord et l'Extrême Orient. C'est donc sur ces routes que la massification et la mise en opération des porte-conteneurs géants ont surtout été possibles. En même temps, le système de massification a eu besoin de réduire le nombre des escales pour pouvoir rentabiliser l'opération de navires si grands et si coûteux. Ce système, a obligé à faire des choix portuaires pour l'escale des navires géants, ainsi certains ports ont été choisis pour les grandes escales, d'abord en fonction de leur position géographique, et ensuite selon l'importance économique de leurs arrière-pays. Le choix de certains ports pour l'escale de grands navires porte-conteneurs, implique directement que d'autres ports proches perdent de façon progressive leurs destinations internationales au profit du port polarisateur de la région en question, ils deviennent donc un port de concentration « Hub ». Les flux internationaux des autres ports sont devenus des trafics régionaux pour alimenter le port polarisateur. Pour cette raison, le concept de « ports de concentration et de ports de rayonnement » plus connu en anglais comme « Hub & Spoke » ou encore « Feeders & Hubs », est né dans les activités du transport maritime. Le système de ports de concentration et ports de rayonnement mis en place a ouvert de grandes perspectives de croissance pour les ports, partout dans le monde, car pour la première fois, les trafics portuaires ne dépendent pas exclusivement de la production et des échanges des arrière-pays portuaires. La nouvelle dynamique de ports de concentration et ports de rayonnement permet d'imaginer une forte croissance du trafic

portuaire, si le port en question est capable d'attirer les armateurs afin d'être choisi comme port de concentration dans une région déterminée. En même temps, les techniques télématiques et logistiques ainsi que d'acheminement terrestre plus efficaces, ont relativement permis d'ôter de l'importance à la localisation géographique des ports d'une même région. La concurrence portuaire, pour devenir « le port » régional de concentration s'est ainsi engagée. Le processus d'agrandissement des zones portuaires dédiées à la manutention de conteneurs et d'équipement portuaire décrit dans le sous-chapitre (1.3) a commencé. Actuellement, ce processus continue et a donné comme résultat un haut niveau d'équipement et de capacité portuaire d'accueil des navires dans les ports d'une même région. Mais seuls quelques ports sont arrivés à se positionner comme pôles régionaux.

**Fig.7 Système de ports de concentration et de ports de rayonnement**  
« Hubs & Spokes »



© H. Martell, 2005, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

### 1.5.3 Les conditions concurrentielles des ports en Europe

Dans le cas des ports européens, certains ports se sont déjà définis comme des ports de concentration et d'autres comme des ports de rayonnement pour les trafics conteneurisés. Il existe aussi des ports qui sont dans des situations intermédiaires et qui cherchent à devenir ports de concentration. Les efforts individuels des ports pour gagner des trafics provoquent une concurrence qui se développe dans des conditions techniques, géographiques et économiques particulières, qui la rendent encore plus agressive. Nous discuterons plus loin de ces conditions propres à l'Europe dans la concurrence interportuaire.

#### La surcapacité portuaire

Dans les ports européens en général, il existe déjà une surcapacité installée des infrastructures pour l'accueil de navires porte-conteneurs et des équipements pour la manutention des conteneurs. Cette surcapacité génère une grande offre de services portuaires et donc un choix portuaire vaste, aux armateurs, pour effectuer les escales des navires. Cette surcapacité est donc un des facteurs de la forte concurrence inter-portuaire, dans laquelle chaque port cherche à mieux se positionner comme port de concentration ou au moins à garder une position importante parmi les autres ports au niveau du trafic manutentionné. La surcapacité portuaire des ports européens en général est manifeste à partir d'une simple comparaison entre la capacité d'accueil des navires et les trafics manutentionnés par port.

#### La spécialisation portuaire

Un autre facteur de la concurrence inter-portuaire en Europe est le phénomène de spécialisation portuaire. Certains ports qui n'ont pas réussi à se positionner comme ports de concentration et qui au contraire perdent du trafic conteneurisé, jouent actuellement un rôle de ports généralistes, qui cherchent à diversifier leurs trafics davantage et pas nécessairement une spécialisation pour les trafics conteneurisés, par exemple Kiel, Belfast et Duisburg. D'autres ports jouent sur une bivalence ou une multivalence de trafics principaux, c'est-à-dire sur la spécialisation dans de multiples trafics. Comme exemple des ports généralistes et des ports dédiés et de haute spécialisation au trafic de conteneurs,

nous pouvons faire mention des ports d'Anvers et Felixtowe. La spécialisation portuaire joue alors un rôle important dans la concurrence interportuaire, car elle établit une différenciation des objectifs portuaires individuels. En conséquence, il est clair qu'on ne peut pas continuer à parler simplement de ports en concurrence, il faut comprendre les différences à l'intérieur de l'ensemble des ports, il faut établir des sous-groupes selon leurs caractéristiques propres pour mieux saisir leur rôle individuel dans la concurrence interportuaire.

Un travail a été réalisé récemment pour identifier différentes vocations ou tendances de spécialisation portuaire en Europe par rapport aux infrastructures et à l'attractivité des trafics conteneurisés, sur un échantillon de 57 ports. Cette étude basée sur des données d'infrastructures portuaires, des équipements de manutention des conteneurs et des trafics conteneurisés, montre des groupements de ports avec des vocations et des spécialisations similaires. Les résultats permettent d'affirmer l'existence de ports de vocations différentes que l'on peut classer en 4 groupes. Les groupes permettent de comparer les ports les uns par rapport aux autres du point de vue de leur spécialisation pour la manutention des conteneurs et par rapport à leur statut dans le système de ports de concentration « Hub » et de ports de rayonnement « Feeders » (O.Joly, H.Martell, 2003). A l'issue de cette étude, quatre quadrants théoriques ont été déterminés pour identifier les statuts portuaires.

- Un premier quadrant ( I ) identifié comme des « Terminaux à conteneurs émergents » avec des ports qui commencent à se développer avec une forte spécialisation dans les services de manutention de conteneurs. Dans ce groupe de ports de petite taille par rapport à l'ensemble, dédiés aux trafics conteneurisés, il existe un haut niveau de spécialisation des infrastructures et des équipements pour accueillir des grands navires porte-conteneurs et manutentionner leur charge. Les trafics annuels manutentionnés se situent entre 1,000,000 et 2,000,000 EVP c'est-à-dire bien par-dessus de la moyenne,  $\mu = 783,000$  EVP mais en montrant une séparation nette et considérable avec les ports de concentration « Hubs » du deuxième groupe.
- Le deuxième quadrant (II) identifié comme des « Terminaux à conteneurs développés », comprend des ports de grande taille avec des infrastructures et des équipements spécialisés pour l'accueil des grands navires et la manutention rapide des conteneurs. Ces ports comportent toutes les facilités pour des conteneurs spécialisés et

de grands parcs de stockage. Les trafics annuels manutentionnés par ces ports sont les plus élevés d'Europe et se situent entre les 2,000,000 et les 6,500,000 'EVP. Ce quadrant est considéré comme le quadrant des ports de concentration ou « Hubs » européens.

- Le troisième quadrant (III) identifie les « Ports généralistes développés ». Dans ces ports, on trouve une affectation des infrastructures et des équipements pour la manutention de marchandises très diversifiées, vrac solides, vrac liquides, conteneurs, voitures etc., sans que le trafic de marchandises conteneurisées soit leur principale activité et sans que le niveau de spécialisation des équipements pour la manutention de conteneurs soit nécessairement très haut. Le trafic annuel de conteneurs dans ces ports se situe au-dessus de 500,000 EVP, très près de la moyenne des ports européens considérés,  $\mu = 783,000$  EVP pour l'année 2000. Leurs trafics conteneurisés non négligeables et leur niveau moyen des équipements et des infrastructures spécialisées pour la manutention de conteneurs par rapport aux ports du quadrant (II), nous permettent de considérer ce groupe comme celui des ports en situation intermédiaire entre les ports de concentration et les ports de rayonnement. Les ports de ce groupe cherchent leur place parmi les ports de concentration « Hubs » de trafic conteneurisé.
- Le quatrième quadrant (IV) identifie des « Ports généralistes secondaires ». Il s'agit aussi de ports généralistes sans une vraie spécialisation pour l'accueil des navires porte-conteneurs et avec des équipements non spécialisés. Ce sont des ports de petite taille, avec des infrastructures limitées et en général avec des trafics annuels de conteneurs de moins de 500000 EVP. Dans le contexte européen et en fonction du reste des ports étudiés, ils sont considérés comme des ports alimentateurs du trafic conteneurisé.

L'étude complète, les critères de l'étude, les données brutes, le traitement statistique de données (Analyse des composantes principales) et les résultats analytiques apparaissent en (Annexe 1). Maintenant, nous pouvons observer la liste des ports étudiés et les résultats représentés graphiquement par des quadrants de classification des ports, lesquels permettent une identification rapide de la position de chaque port en fonction du code respectif.

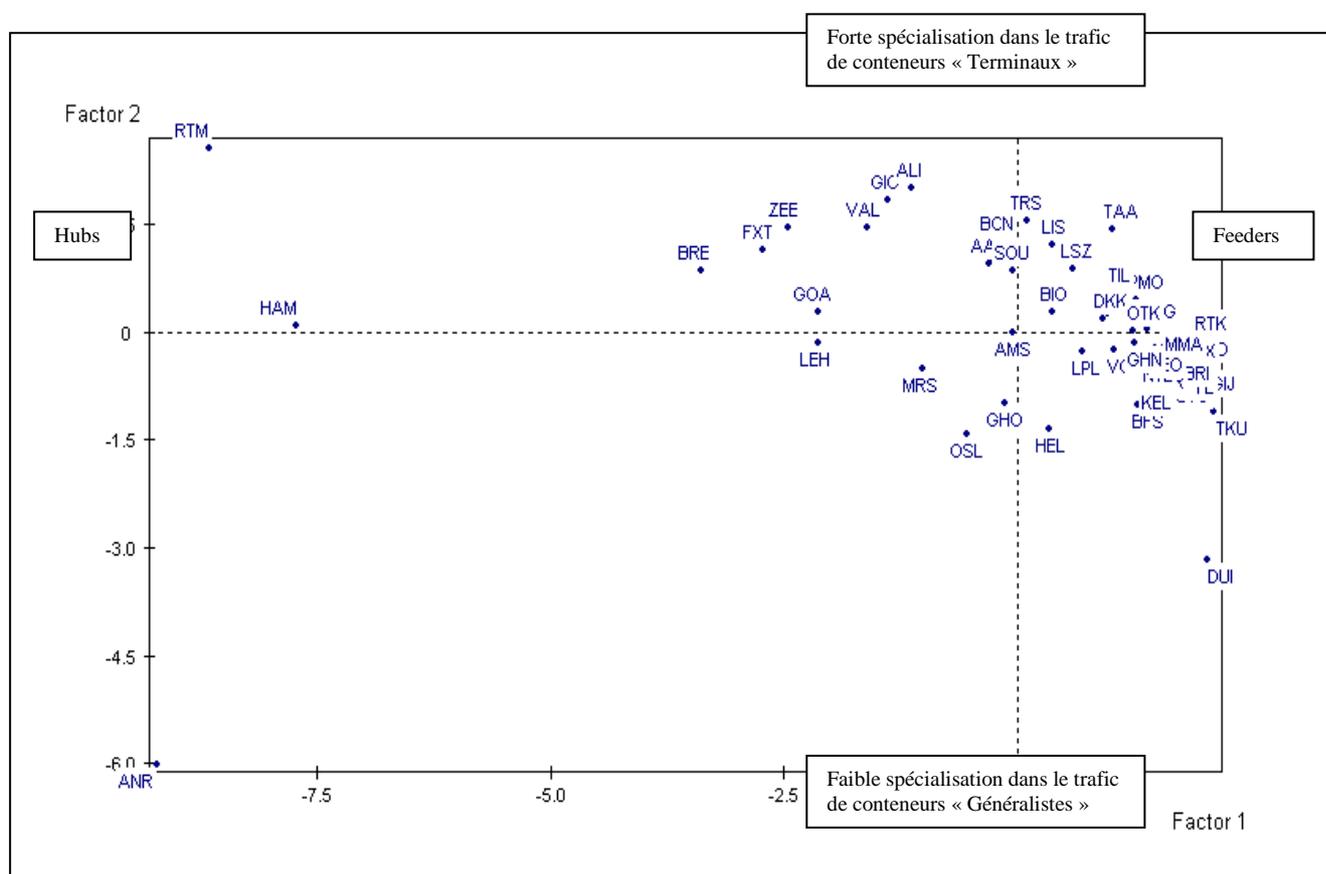
Fig.8 Ports européens analysés

Nom du port	Code	Nom du port	Code
Aarhus	AAR	Leixoes	LEO
Algésiras	ALI	Lisbon	LIS
Amsterdam	AMS	Liverpool	LPL
Antwerp	ANR	Malmo	MMA
Barcelona	BCN	Marsaxlokk	MKO
Bari	BRI	Marseilles + Fos	MRS / FOS
Belfast	BFS	Nantes + Montoir	NTE / MOO
Bilbao	BIO	Oslo	OSL
Bordeaux + le Verdon	BOD / VDN	Palermo	PMO
Bremen/Bremerhaven	BRE	Piraeus	PES
Cadiz	CDX	Rostock	RTK
Copenhague	CPH	Rotterdam/Europoort	RTM
Dublin	DUB	Rouen	URO
Duisburg	DUI	Salerno	SLR
Dunkirk	DKK	Santander	SDR
Felixstowe	FXT	Southampton	SOU
Genoa	GOA	Stockholm	STO
Ghent	GHN	Tarragona	TAA
Gijon	GIJ	Teesport	TES
Gioia Tauro	GIO	Thessaloniki	SKG
Gothenburg	GOT	Tilbury	TIL
Hamburg	HAM	Trieste	TRS
Helsinki	HEL	Turku	TKU
Immingham	IMM	Tyne	TYE
Kiel	KEL	Valencia	VAL
Kotka	OTK	Venice	VCE
La Spezia	LSZ	Vigo	VGO
Le Havre	LEH	Zeebrugge	ZEE
Leghorn	GHO		

D'après la situation des ports par rapport à l'ensemble, en fonction du niveau de spécialisation des infrastructures et des équipements portuaires, ainsi que des trafics conteneurisés, il est évident que certains ports comme Rotterdam, Anvers et Hambourg se sont positionnés solidement comme ports de concentration « Hubs » européens pour les trafics conteneurisés internationaux. La position opposée d'Anvers par rapport à Rotterdam peut s'expliquer par le fait qu'Anvers manutentionne un grand trafic (4,1 millions EVP) sans que ses équipements spécialisés soient aussi nombreux que dans le cas de Rotterdam (6,3 millions EVP) ou de Hambourg (4,3 millions EVP). Par exemple, l'existence de 95 portiques à Rotterdam, 49 portiques à Hambourg et 16 portiques à

Anvers montre une plus grande spécialisation des premiers ports pour ce type de trafic. Nous interprétons ce résultat comme le produit d'une vocation généraliste du port d'Anvers, fait qui n'a pas empêché son positionnement comme port de concentration « Hub ». Ainsi, nous considérons avoir réussi à saisir des différents degrés non linéaires permettant de classer les ports en étude, non seulement par rapport à leurs capacités de manutention des conteneurs et de leurs trafics, mais aussi de leur positionnement individuel dans le système « Hub& Spoke » en Europe.

**Fig.9 Positionnement des principaux ports européens dans le système de ports de concentration et de rayonnement « Hubs & Spokes » en 2000**



Source : O. Joly, H. Martell. (2003) - Infrastructure benchmarks for European Container Ports

## Relation de quai spécialisé RQS

Pour nous aider à comprendre les nuances des résultats et afin d'obtenir une meilleure interprétation au sujet du rapport existant, entre le niveau de spécialisation portuaire et la concentration du trafic, nous nous appuyerons aussi sur la relation existante entre la longueur de quais spécialisés pour l'accueil des navires porte-conteneurs et la longueur totale de quais dans un port (RQS). Nous proposons cet indicateur comme autre moyen de mesurer le niveau de vocation d'un port vers le trafic conteneurisé, du point de vue de l'infrastructure de base, sans effet de taille, ni de trafic, ni d'équipements spécialisés. Nous considérons que cet indicateur peut être un outil pour mesurer le niveau d'utilisation ou de sous-exploitation des infrastructures comme nous ferons plus tard. Il pourrait être utilisé aussi pour des comparaisons du profit d'investissements portuaires en infrastructure ou pour des études d'optimisation de longueur de quais spécialisés par exemple.

$$\text{RQS} = [\text{Longueur du quai dédiée aux navires porte-conteneurs} / \text{Longueur de quai totale}]$$

Ensuite, nous pouvons observer des différentes RQS pour les ports les plus spécialisés pour le trafic de conteneurs de notre échantillon. Il est intéressant de voir qu'un port 100% dédié au trafic de conteneurs peut avoir un trafic moins important (45%) par rapport à un autre qui ne dédie qu'un quart de sa longueur de quais (Felixtowe et Rotterdam). Cela dément l'idée que : « à plus d'infrastructures spécialisées, plus de trafic de conteneurs ».

Si on observe les RQS des quatre ports les plus spécialisés en Méditerranée (Gioia Tauro, Algésiras, Barcelone et Valence) nous pouvons apprécier deux phénomènes différents. D'une part, dans les cas de ports rattachés à des grandes villes comme Barcelone et Valence, le niveau de spécialisation reflété par leurs RQS ne correspond pas à l'importance de leur trafic. Le port de Valence est doublement spécialisé que Barcelone pour le trafic de conteneurs (Fig.10), les deux ports desservent le même arrière pays (de façon approximative), et pour tant, Barcelone capte le double de trafic conteneurisé. D'autre part, dans les cas de ports attachés à des petites villes comme Gioia Tauro et Algésiras, leur niveau de spécialisation pour le trafic conteneurisé correspond plus à l'importance de leur trafic. On peut penser que :

Dans le cas de ports avec des villes importantes de rattachement, l'importance du trafic de conteneurs est du principalement aux activités économiques générées dans leurs arrière-pays immédiats, c'est-à-dire, dans leurs villes de rattachement, leurs agglomérations et les zones industrielles proches. Dans le cas de ports avec des petites villes de rattachement, la fonction principale est celle de point de transbordement. En conséquence, leur niveau de spécialisation est vraiment important pour attirer les flux de conteneurs et donc leurs trafics correspondent plus à leurs niveaux de spécialisation reflétés par leurs RQS.

**Fig.10 Trafic de conteneurs et RQS pour les ports fortement spécialisés pour l'accueil de navires porte-conteneurs et la manutention de conteneurs (axe 1)**

PORT	CODE	RQS %	Trafic total de conteneurs 2000	Trafic % Rotterdam=100	Trafic % par rapport au Total
<b>Rotterdam</b>	<b>RTM</b>	<b>24</b>	<b>6275000</b>	<b>100</b>	<b>14</b>
Felixstowe	FXT	100	2800000	45	6
Gioia Tauro	GIO	76	2652701	42	6
Algésiras	ALI	22	2009122	32	5
Barcelona	BCN	20	1387570	22	3
Valencia	VAL	42	1308010	21	3
Zeebrugge	ZEE	93	965345	15	2
Lisbon	LIS	37	398150	6	1

**Ports de concentration « Hubs »**

Ports émergents de concentration « Hubs secondaires »

Cette observation est aussi valable dans le cas d'autres ports comme Rotterdam, Felixtowe, Zeebrugge et Lisbonne. Plus tard, nous reviendrons sur cette idée et sur l'utilisation de l'index RQS pour mesurer le niveau d'exploitation que chaque port fait de ses infrastructures spécialisées. Nous pourrions constater la sous exploitation des infrastructures dans la majorité des ports, ou autrement dit, la sur spécialisation pour la manutention portuaire de conteneurs en Europe (Fig.12). Par le moment, nous continuerons avec les résultats de l'étude et son interprétation.

En ce qui concerne la spécialisation pour l'accueil et la manutention de conteneurs qui sont représentés par le sens positif de l'axe 1, nous pouvons observer (Fig.9) un groupement selon le critère de Kaiser ( $K > 1$ ), des ports de Rotterdam, Felixtowe, Gioia Tauro, Algésiras, Barcelone, Valence, Zeebrugge et Lisbonne que l'on a regroupés dans le tableau ci-dessus en ordre décroissant, selon leurs trafics de conteneurs. Il nous semble intéressant de comparer ces ports en fonction de leurs RQS respectifs et de leurs trafics de conteneurs, car le manque de correspondance entre les trafics atteints par les ports et leur niveau de spécialisation pour les trafics conteneurisés est net. Pour pouvoir avoir un ordre de grandeur comparatif du trafic, nous utilisons le pourcentage de trafic des ports en fonction du trafic de Rotterdam, en sachant que ce trafic représente à peu près 15 % du trafic total de l'ensemble des 57 ports de notre échantillon et que nous les considérons représentatifs de l'activité de manutention de conteneurs en Europe.

De l'observation du tableau (Fig.10), on peut s'apercevoir que la majorité des ports fortement spécialisés (à l'exception de Rotterdam et Algésiras) n'ont pas des trafics conteneurisés correspondants à leurs infrastructures d'accueil des navires porte conteneurs et de leurs équipements. Autrement dit, l'existence d'une surcapacité portuaire pour l'accueil et la manutention de trafics conteneurisés en Méditerranée, sur la façade atlantique de l'Europe et principalement dans l'Atlantique Nord, est évidente.

Du côté de la concentration de trafic conteneurisé, représenté par le sens négatif de l'axe 2, nous pouvons observer (Fig.9), deux groupements selon le critère de Kaiser ( $K > 1$ ). Le premier regroupe les ports de Rotterdam, Hambourg, et Anvers, le deuxième regroupe les ports de Bremen, Felixtowe, Zeebrugge, Gênes, Le Havre, Barcelone, Valence, Gioia Tauro et Alicante. Nous considérons les deux groupes comme des ports de concentration, le premier des « Hubs » européens consolidés et le deuxième des ports qui cherchent à se consolider dans le premier rang de « Hubs » continentaux. Il faut remarquer que parmi les ports du premier groupe aucun n'a un RQS  $> 25$  %. Cela signifie que les ports de concentration les mieux positionnés ont à peine un quart de leur capacité portuaire installée, dédiée au trafic de conteneurs. Donc, le niveau de spécialisation portuaire pour les trafics de conteneurs n'est pas le principal atout des ports à miser dans la concurrence inter-portuaire, loin de cela, il semble un facteur juste moyennement important.

Dans le deuxième groupe de ports de concentration qui cherchent leur consolidation « Hubs secondaires », on trouve des trafics et des RQS qui nous permettent de confirmer que les plus grands trafics de conteneurs ne correspondent pas nécessairement au niveau de spécialisation portuaire (Fig.12). En général ces ports ont fait récemment de grands investissements en infrastructures et équipements afin de se positionner comme ports de concentration. Quelques uns comme Felixtowe, Zeebrugge et Gioia Tauro ont même été totalement reconvertis à partir des ports vraquiers, industriels ou militaires et aménagés pour l'accueil de navires porte-conteneurs et la manutention de conteneurs, en d'autres mots, créés expressément comme terminaux de conteneurs pour devenir des ports de concentration « Hubs ». Nous pouvons constater que ces investissements réalisés dans le but de se positionner comme « Hubs » n'ont pas eu (en grande partie) les résultats d'attraction des trafics attendus. En fait, on peut même observer l'effet opposé si l'on prend des couples de ports de ce groupe qui sont géographiquement proches, Zeebrugge et Le Havre, Gioia Tauro et Gênes et Valence, Barcelone et Algésiras. Dans le cas de Brême il n'y a pas de port terminal proche pour pouvoir comparer, mais on peut remarquer aussi un trafic important avec un faible RQS de 12 %. Le cas de Felixtowe, semble la seule exception de grande réussite d'un terminal créé expressément, car il compte avec un trafic important à l'échelle européenne en étant le seul port avec un RQS de 100 %. On pourrait dire qu'il est le seul « terminal de conteneurs » qui est arrivé à se positionner parmi les grands ports concentrateurs « Hubs » de vocation plutôt généraliste comme Rotterdam, Hambourg, Anvers, et Brême. Mais cette exception peut s'expliquer par le fait de l'insularité du Royaume Uni, par la proximité de Londres comme arrière pays principal du port et par la position privilégiée de Felixtowe face aux principaux ports de la rangée nord européenne et leur arrière pays correspondant.

**Fig.11 Trafic de conteneurs et RQS pour les ports définis comme de concentration « Hubs » consolidés et en consolidation (axe 2)**

PORT	CODE	RQS %	Trafic total de conteneurs 2000	Trafic % Rotterdam=100	Trafic % par rapport au Total
<b>Rotterdam</b>	<b>RTM</b>	<b>24</b>	<b>6275000</b>	<b>100</b>	14
<b>Hambourg</b>	<b>HAM</b>	<b>12</b>	<b>4248247</b>	<b>68</b>	10
<b>Antwerp</b>	<b>ANR</b>	<b>8</b>	<b>4082334</b>	<b>65</b>	9
Felixstowe	FXT	100	2800000	45	6
Bremen	BRE	12	2712420	43	6
Gioia Tauro	GIO	76	2652701	42	6
Algésiras	ALI	22	2009122	32	5
Genoa	GOA	17	1500632	24	3
Le Havre	LEH	17	1464901	23	3
Barcelona	BCN	20	1387570	22	3
Valencia	VAL	42	1308010	21	3
Zeebrugge	ZEE	93	965345	15	2

**Ports de concentration « Hubs »**

Ports émergents de concentration « Hubs secondaires »

Ainsi l'on peut dire qu'il existe un sous groupe de ports de concentration « Hub » intégré par Rotterdam, Hambourg et Anvers dans l'Atlantique Nord et Gioia Tauro et Algésiras en Méditerranée. Puis, un deuxième sous groupe de ports de concentration émergents ou intra européens « Hubs secondaires », intégré par Felixtowe, Brême, Le Havre et Zeebrugge dans l'Atlantique Nord et Gênes, Barcelone et Valence en Méditerranée à partir desquels les trafics maritimes des conteneurs en Europe sont articulés. Pour le reste des ports analysés, une bonne partie d'entre eux se trouve dans des situations intermédiaires de spécialisation pour la manutention de conteneurs (Fig.9), et du point de vue statistique, leur position très proche du centre des axes, les rend très difficilement interprétables.

Cependant, on peut observer un troisième groupe que l'on pourrait définir comme des ports de rayonnement ou « feeders ». Ce groupe de ports est composé de ports de différentes tailles et de niveaux très variés de spécialisation pour la manutention de conteneurs. Dans ce groupe, nous trouvons des ports de rayonnement spécialisés et même des terminaux qui sont loin des « Hubs secondaires » intra européens au niveau du trafic,

malgré leur niveau supérieur de spécialisation et des investissements réalisés compte tenu de leur équipement, comme Tilbury, Palerme, Rostock et Kotka et aussi de ports de rayonnement de vocation plutôt généraliste comme Belfast, Turku, Gant, Gijon, Bristol, Kiel et Duisburg.

## **1.6 Les facteurs du succès des ports de concentration et le positionnement des principaux ports européens dans la dynamique « Hubs & Spokes »**

Après cette interprétation des résultats et le classement que l'on a fait des ports, quelle peut-être la logique de réussite des ports de concentration « Hubs » ? Quel facteur fait la différence du niveau d'attractivité du trafic parmi les ports dédiés ou terminaux, ayant tous un haut niveau d'équipement et des infrastructures ? Est-ce possible d'envisager des changements radicaux dans le positionnement des ports concentrateurs en Europe ? Jusqu'ici, il est clair que pour un port ou pour un terminal spécialisé, ni le niveau des infrastructures et équipements, ni le fait d'être localisé sur les routes internationales de trafic de conteneurs, sont des garanties d'attractivité des trafics et encore moins de pouvoir devenir un port concentrateur. Comme on l'a vu avant, le cas de Felixtowe est l'exception. Le reste des ports hautement spécialisés, en particulier Zeebrugge, Valence, Barcelone, Le Havre, Gênes et Brême, ont d'une certaine façon, engagé un pari risqué par rapport aux grands investissements réalisés et leurs possibilités réelles de repositionnement dans la structure du système des ports de concentration et de rayonnement « Hubs & Spokes ». Cela nous amène à penser que le facteur le plus important pour l'attractivité des ports est d'ordre géographique. Sans négliger l'importance des facteurs comme la compétitivité des tarifs portuaires, le coût d'acheminement et post acheminement de conteneurs, l'efficacité de la manutention, la fiabilité et continuité des opérations des ports et autres facteurs de leur activité quotidienne, il nous semble clair que l'attractivité d'un port pour les trafics conteneurisés ainsi que la position de port de concentration « Hub », dépendent surtout du marché potentiel des arrière-pays portuaires. Dans cette logique, on peut même dire que les principales positions de « port de concentration » sont déjà occupées.

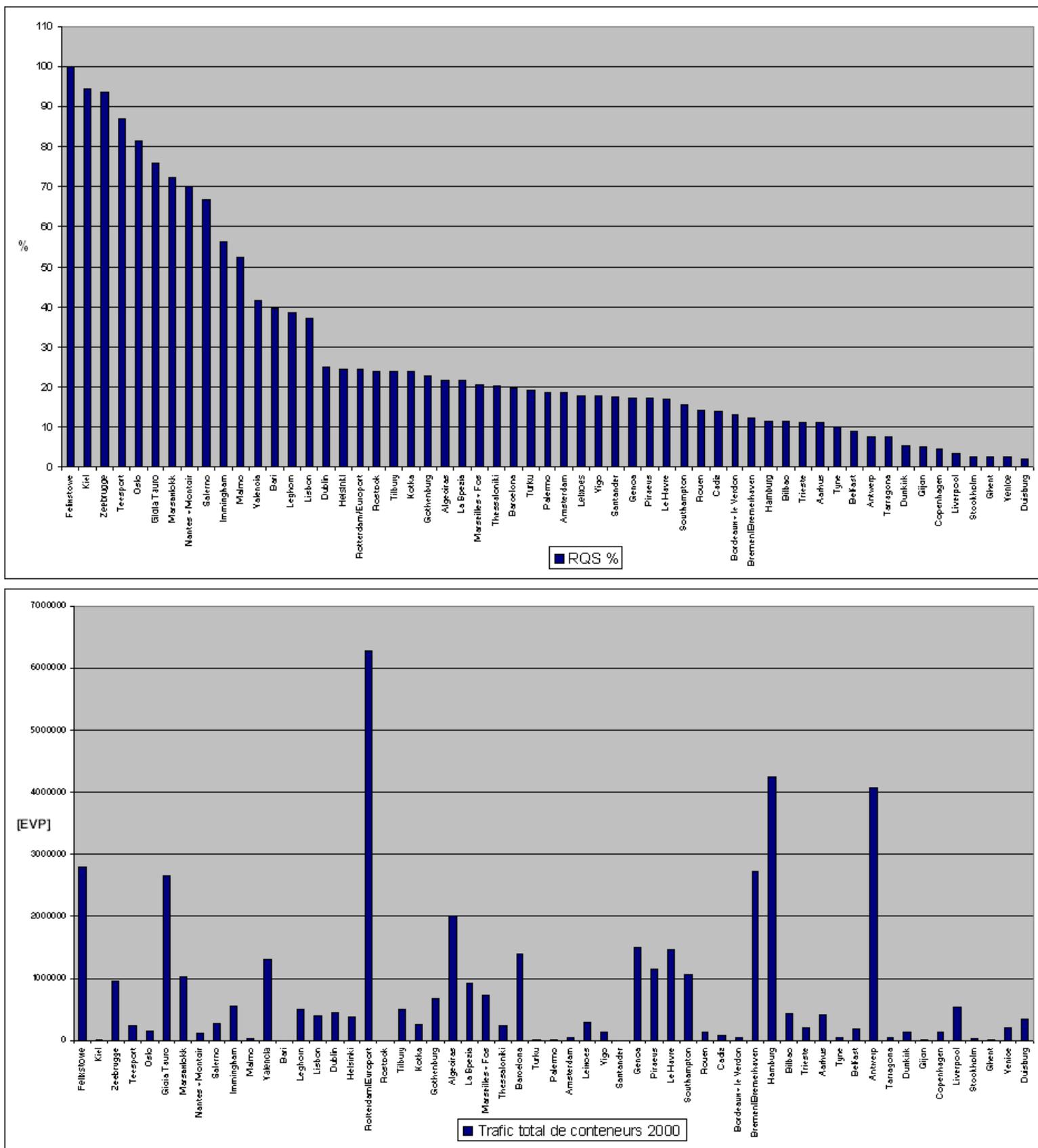
Le grand atout de positionnement géographique explique le succès de Rotterdam et Anvers à proximité du bassin rhénan pour lequel ils sont les portes quasi naturelles, pour

les échanges inter-continentaux de sa grande production, et pour accéder à ses grands marchés, sachant que cette zone a la plus grande densité de population d'Europe. Pour Hambourg et Brême, la même logique de puissant arrière pays naturel est aussi vraie car ils sont la porte intra continentale pour les échanges de la production du nord de l'Allemagne ainsi que la porte d'accès au grand marché allemand. En Méditerranée il existe une dynamique différente mais qui rejoint l'importance de l'atout géographique. Algésiras, ne profite pas d'un grand marché naturel et Gioia Tauro encore moins. En fait, dans les deux cas, il s'agit surtout de ports de transbordement, mais là aussi, l'atout principal est géographique, car ils sont des ports « carrefour » qui concentrent la plus grande partie des trafics intercontinentaux des ports du bassin méditerranéen. Autrement dit, ils intègrent d'une certaine façon les arrière-pays des ports méditerranéens ainsi que leurs marchés.

Ceci peut être démontré par la forte différence de composition des trafics conteneurisés, existant entre les « Hubs » du nord et les « Hubs » du sud de l'Europe. En fait, les trois « Hubs » du nord jouent un rôle de ports importateurs et exportateurs pour leurs arrière-pays, ainsi qu'un rôle principal pour le transbordement ou « transhipment » européen, tandis que les deux ports « Hubs » méditerranéens jouent principalement un rôle de terminal de transbordement de conteneurs ou « transhipment » et pas vraiment un rôle de « port » proprement dit, c'est-à-dire, de porte d'entrée et de sortie des produits pour leur arrière-pays.

Pour visualiser à quel point il existe une concentration importante de trafics de conteneurs sur les ports de concentration « Hubs » et « Hubs secondaires » et en même temps un niveau de « sur spécialisation » des installations portuaires et d'équipements dans la majorité des ports européens qui ne correspondent pas aux trafics, nous présentons les graphiques suivants où l'on peut apprécier le trafic de conteneurs et l'index de spécialisation des ports pour le trafic de conteneurs « RQS » pour la totalité des 57 ports de l'échantillon analysé. Nous avons utilisé le trafic du port de Rotterdam comme référence pour comparer les trafics afin de rendre le graphique plus lisible. Comme donnée complémentaire au graphique, le trafic total pour l'ensemble de ports pour cette année (2000) est de 44,64 millions de conteneurs et le trafic de Rotterdam atteint les 14 % du total.

**Fig.12 Concentration des trafics conteneurisés et le niveau de spécialisation pour la manutention portuaire de conteneurs en Europe**



© H. Martell, 2005, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

Ce graphique montre le niveau de spécialisation portuaire par rapport aux trafics propres de chaque port et sans effets de taille. Le manque de correspondance entre les trafics et le niveau de spécialisation des infrastructures spécialisées pour la manutention de conteneurs dans l'ensemble des ports étudiés, est net. La sur spécialisation des ports ainsi que la forte densité portuaire au long du littoral européen, sont à l'origine de la forte concurrence intra portuaire, dans le continent.

Nous pouvons affirmer que dans cette ambiance de forte concurrence, le fonctionnement du système portuaire en Europe obéit à la dynamique de ports de concentration et de ports de rayonnement « Hubs & Spokes », et que *les ports européens ont déjà pris leurs positions spécifiques dans le système*. Sans prétendre que les positions, ou plutôt les fonctions des différents ports européens dans le système soient définitives, et en sachant qu'il existe certains ports qui évoluent vers le statut de port de concentration, il faut admettre la forte position des ports de Rotterdam, Hambourg, Anvers, Gioia Tauro et Algésiras. Il nous semble intéressant de remarquer que sur la façade atlantique (Portugal, nord de l'Espagne et la côte française ouest) il n'existe ni port de concentration « Hubs » ni port émergent de concentration « Hubs secondaires », et ceci malgré l'importance géographique que certains ports peuvent avoir comme porte atlantique de l'Europe et la spécialisation pour le trafic de conteneurs des ports comme Lisbonne RQS = 37 %, Santander RQS = 18 % ou Nantes – Montoir RQS = 70 %. Nous considérons que la cause de ce phénomène d'absence de « Hubs » atlantiques s'explique par le manque de production industrielle et aussi le manque de concentrations importantes de population (à l'échelle européenne) dans leurs arrière-pays, provoquant ainsi un faible intérêt en tant que portes aux marchés locaux. Ainsi la faible concentration de production industrielle et de population rend ces ports inintéressants aux yeux des armateurs pour établir leurs propres « Hubs ». Cette remarque sur l'absence de « Hubs » atlantiques, nous aide à confirmer l'importance des arrière-pays et des populations proches des ports (marchés potentiels), comme les principaux facteurs pour l'attraction et pour la concentration des trafics conteneurisés sur un port. Caractéristique, qu'on avait remarquée et définie comme le principal atout des ports de Rotterdam, Hambourg et Anvers.

Si l'on revient au concept de « Hub & Spoke », on pourrait dire que le meilleur exemple se trouve en Méditerranée car l'on trouve deux Hubs européens (Gioia Tauro et

Algésiras) qui concentrent et distribuent la plus grande partie des échanges sud européens vers le monde, en étant des ports de transbordement principalement, c'est-à-dire, des concentrateurs. On trouve aussi des Hubs régionaux qui concurrencent fortement les deux premiers mais qui les nourrissent en même temps. Les Hubs régionaux, à savoir Valence, Barcelone, Marseille - Fos, et Gênes, drainent les échanges de leurs propres arrière-pays et aussi les trafics alimentateurs « feeder » locaux. Finalement, on trouve le reste des ports méditerranéens, qui nourrissent en trafics de conteneurs les ports de deux premiers groupes.

Si l'on accepte d'un côté, la dynamique de trafics portuaires conteneurisés sous le schéma de ports de concentration et de ports alimentateurs, et d'un autre côté, le positionnement portuaire actuel discuté plus haut, il est évident qu'il existe un grand nombre de ports en Europe qui ne pourront pas accéder au statut de port de concentration « Hub ». Le principe même du système de concentration et rayonnement « Hub & Spoke » est basé sur la réduction au maximum des escales des navires mère, et l'on pourrait dire, sans grande crainte d'erreur, que les choix sont déjà faits. Bien évidemment que dans des conditions équitables de concurrence, le positionnement comme « Hubs » des ports considérés ici comme « Hubs secondaires » ou en devenir est fort possible, principalement, pour des ports avec des arrière-pays à forte création de richesse, avec une grande capacité d'accueil des navires et avec un haut niveau d'équipement portuaire. Les trois conditions sont réunies pour les ports du Havre, Zeebrugge, Felixstowe et Brême en Europe du nord et pour les ports de Barcelone et Marseille – Fos et Gênes en Méditerranée. Par contre, l'ascension au statut de port de concentration « Hub » n'est pas vraiment facile, du fait des positions déjà affirmées des cinq principaux ports de concentration « Hubs ». La question qui se pose pour les « Hubs secondaires » est : Comment se repositionner face à la synergie d'attraction des trafics conteneurisés des « Hubs » ?

De notre point de vue et dans les conditions actuelles, il existe deux possibilités pour les « Hubs secondaires » d'obtenir les escales de navires mères porte-conteneurs et leur indépendance des ports « Hubs » actuels.

- a) « Une augmentation explosive des échanges internationaux » justifierait une augmentation des ports de concentration « Hubs » avec leurs propres systèmes de

ports alimentateurs, créant ainsi une indépendance entre les nouveaux « Hubs » et les cinq « Hubs » existants, c'est-à-dire, une augmentation telle du trafic qu'elle exigerait l'existence de nouveaux ports de concentration avec leurs propres ports de rayonnement et la multiplication des origines et destinations directes des navires super porte-conteneurs.

- b) « Le choix des armateurs, ou autrement dit, des alliances maritimes » d'un port pour concentrer ses propres trafics et restructurer ses services à partir du port en question. Une telle décision impliquerait une recomposition des flux conteneurisés sans logique autre que celle de la pure concurrence entre alliances maritimes.

Il est évident qu'aucune des deux possibilités pour le repositionnement des « Hubs secondaires » ou en devenir, n'est influençable par les ports eux-mêmes. Le repositionnement dépend donc soit de l'augmentation du commerce international, soit du choix et de la stratégie des alliances maritimes.

Bien entendu, les autorités portuaires, les villes auxquelles ils sont rattachés et les gouvernements nationaux peuvent épauler le développement des ports par le biais des investissements directs ou indirects. Ils peuvent améliorer l'image des ports et des villes portuaires pour les rendre plus attractifs aux affaires et au commerce international. Ils peuvent améliorer les infrastructures pour faciliter la multimodalité et le mouvement des marchandises et de personnes, en général. En résumé, les acteurs locaux peuvent augmenter l'attractivité des ports pour devenir des ports concentrateurs « Hubs », ils peuvent aussi rendre une ville portuaire plus attractive aux activités tierces liées au transport maritime. Mais l'évolution des ports en général vers le port concentrateur n'est pas un processus maîtrisable par les acteurs locaux et il ne suit pas la logique réciproque à celle des investissements réalisés pour augmenter l'attraction portuaire.

Comme exemple, nous pouvons prendre les ports de Gioia Tauro et Felixstowe où le trafic de conteneurs et leur position dans le quadrant II, montrent la réussite des ports dans l'attraction des trafics conteneurisés et dans la course vers le positionnement comme port de concentration « Hub ». Les deux possèdent des hauts niveaux de spécialisation (RQS de 76 et 100 respectivement), montrant une vocation exclusive aux trafics des conteneurs. Dans ces deux cas, on peut donc parler d'investissements bien profitables et rentabilisés.

Mais cette situation, où les importants investissements nécessaires pour la mise en fonctionnement des terminaux spécialisés ont été récompensés par une augmentation effective de trafic et un repositionnement des ports parmi les ports concentrateurs, n'est pas de loin, le cas général. Au contraire, nous pouvons remarquer que les grands ports concentrateurs européens Rotterdam, Hambourg et Anvers n'ont pas, en réalité, une grande vocation de terminaux à conteneurs. Ils sont davantage des ports généralistes comme le montre leur RQS (24,12 et 8 respectivement). Alors, quelles actions à réaliser pour les acteurs locaux afin de promouvoir un port vers le statut de port de concentration ?

De notre point de vue et selon les conditions du contexte actuel, les acteurs locaux ont deux alternatives. La première est d'investir fortement pour équiper un port de terminaux à conteneurs comme dans le cas d'Algésiras ou même pour créer des terminaux spécialisés de toute pièce comme dans le cas de Gioia Tauro, mais cela implique la participation des clients potentiels, c'est-à-dire une entente préalable entre autorités locales et armateurs pour garantir des trafics pour le nouveau terminal. Cela peut aller de simples accords jusqu'à l'investissement direct des armateurs pour la construction, l'équipement ou l'opération des terminaux. Dans ce cas, les armateurs sont en position de force vis-à-vis des autorités locales. Ils demandent en contre partie des droits préférentiels, des horaires adaptés à leur propres besoins, des tarifs portuaires réduits, et cela peut aller jusqu'à la demande d'exclusivité de jouissance d'infrastructures, l'exemption d'impôts ou même la déclaration de zones franches.

La deuxième alternative pour les autorités locales est plus proche de l'aménagement du territoire et donc elle est plus maîtrisable. Il s'agit de la création ou de la modernisation des terminaux dans les ports existants et l'amélioration des connexions aux réseaux de transports terrestres (routiers, fluviales et de chemin de fer) afin d'optimiser au maximum le drainage de marchandises d'échange de leur arrière-pays. Mais, il y a une condition : cette formule peut fonctionner uniquement si les arrière-pays des ports sont suffisamment consolidés comme clientèle du port et s'ils comptent avec des zones et des populations de grande production et consommation. (Comme exemple, les arrières pays de Rotterdam, Hambourg, Anvers, Le Havre, Brême, Barcelone, Gênes ou Marseille). Dans ce type de ports, les grands investissements sont moins risqués que l'investissement en nouveaux terminaux, là où l'existence d'un nouveau terminal ne se justifie pas par l'existence d'un arrière pays économiquement fort.

Le port d'Anvers est un des meilleurs exemples d'investissements justifiés par l'arrière pays. Il a besoin de grands investissements liées aux caractéristiques du lieu : concrètement le fait d'être un port d'estuaire à peu près de 60 km de la mer et le manque d'espace pour les différentes activités dans la zone portuaire qui provoquent le besoin de dragage de l'Escaut à hauts coûts et la limitation des activités portuaires. Mais au même temps, cette localisation est le principal atout du port en raison de la grande production et consommation générée par son arrière pays.

Jusqu'ici, nous avons tenté de faire le criblage des caractéristiques des ports européens des différents points de vue, pour pouvoir nous expliquer les raisons de la différence de niveaux de réussite en ce qui concerne la concentration de trafics conteneurisés. Nous avons considéré l'influence de leurs infrastructures, leurs équipements, leur niveau de spécialisation pour la manutention de conteneurs, leur position géographique et le potentiel économique de leur arrière pays. Nous avons trouvé des groupements de ports de caractéristiques similaires et certaines tendances pour chaque groupe afin de savoir de quelle manière un port peut devenir un port de concentration « Hub ». Dans les conditions actuelles, nous avons deux alternatives pour promouvoir la concentration de trafics conteneurisés dans les ports.

Maintenant, quel est le point de vue des armateurs, en tant que clients des ports ? En ce qui concerne les deux alternatives ; il est évident que les alliances maritimes auront beaucoup plus d'intérêt pour le schéma d'investissement direct dans les ports, car en tant qu'investisseurs, les armateurs acquièrent plus de droits pour maîtriser le fonctionnement même du port. De ce fait, ils peuvent considérer ces ports quasiment comme des bases propres, où ils peuvent développer leurs services à leur aise. En même temps, ils seront toujours intéressés par des ports avec des arrière-pays à grand potentiel commercial, parce qu'ils sont la porte disons « naturelle » des zones d'origine ou de destination ultime des marchandises. Dans tous les cas, il est clair que la motivation des armateurs pour choisir un port ne peut être la même pour tous les ports et que cette motivation est bien loin de la simple capacité et de l'efficacité de manutention des conteneurs dans les ports, du développement des infrastructures et de l'acquisition des équipements portuaires. Alors, si l'on ne peut pousser de façon effective la croissance des trafics conteneurisés d'un port par le biais exclusif des investissements, et en même temps, on ne peut modifier

radicalement les arrière-pays des ports, *quelles options restent pour augmenter le trafic portuaire ?* D'autre part, il existe déjà une grande spécialisation pour la manutention de conteneurs, et les ports sont actuellement engagés dans la course vers le port de concentration « Hub » de la même façon que les armateurs vers le porte-conteneurs géant (1.3), et donc la spécialisation est encore en augmentation. *Que faire de la capacité portuaire sous utilisée ?*

Les ports continuent à se spécialiser partout en Europe, mais, il y a plusieurs questions à se poser autour des objectifs portuaires actuels. Est-il raisonnable de penser que tout port peut devenir un concentrateur, en jouant juste sur la libre concurrence et l'amélioration de services portuaires ? Comment justifier les lourds investissements en terminaux de manutention de conteneurs auprès des acteurs locaux, dans les cas où il n'y a pas les augmentations de trafic attendues ? La participation des ports dans les lignes de porte-conteneurs « tour du monde » est-elle vraiment la seule manière d'augmenter le trafic conteneurisé et d'assurer le développement futur du port ?

En l'état actuel des choses, on est confronté à une situation généralisée qui n'offre pas une grande marge de manœuvre aux autorités portuaires pour le développement de trafic conteneurisé et principalement celui lié aux routes de navires « tour du monde ». Il semble que les autorités portuaires n'ont d'autre option que de maintenir le « statut quo » du port en attendant de possibles augmentations ou diminutions hasardeuses du trafic, en jouant seulement sur l'efficacité des services portuaires et l'augmentation du trafic de marchandises en général. La décision d'associer le port à une des alliances maritimes par le biais de l'investissement direct des alliances sur le port, la détaxation des activités des armateurs ou les zones franches restent actuellement le meilleur moyen d'assurer l'augmentation du trafic et d'assurer la permanence des ports dans les circuits internationaux des navires super porte-conteneurs. Mais, bien qu'une telle décision puisse paraître la meilleure option, l'indépendance et l'autonomie des ports peuvent être affaiblies. D'autre part, les lois nationales, les politiques en matière de transports et d'infrastructures ainsi que l'organisation économique et politique interne à chaque état ou région d'attachement des ports, peut rendre difficile la prise des mesures d'un tel genre.

Néanmoins, la flexibilité et la participation des ports à des activités d'organisation de l'interface de transport entre mer et terre, l'offre de services de gestion de transport

multimodal et la participation des ports à des activités qui ajoutent de la valeur à la marchandise même, comme un sous processus de certaines chaînes de production, peuvent être une alternative pour impulser l'augmentation de trafic conteneurisé. La recherche et le développement de nouveaux marchés pour les services portuaires autres que les trafics intercontinentaux sont aussi une alternative. Des créneaux de marché importants pourront être ouverts, dans le système actuel, notamment, dans le développement de services de transport maritime à courte distance « Short-Sea Shipping ». Les services de transport maritime de courte distance, visant à augmenter la performance de l'approvisionnement de conteneurs à partir des ports de rayonnement « Feeders » vers les ports de concentration « Hubs », ainsi que la mise en place et/ou l'amélioration des services portuaires visant à faciliter et à promouvoir le transport maritime de cabotage intra européen, offrent une grande diversité d'activités à innover et à développer.

### **1.7 Quelle place pour le cabotage en Europe ?**

Le cabotage comme transport maritime intérieur à une région géographique peut être effectué dans les meilleures conditions dans des régions qui possèdent des littoraux étendus, des densités portuaires importantes, et des infrastructures capables de drainer les marchandises de leurs arrière-pays correspondants. Dans ce domaine, l'Europe est particulièrement favorisée.

Du point de vue géographique, le territoire européen entouré par la mer offre la possibilité de communiquer par voie maritime avec la plupart des pays. Seul quelques pays comme la Suisse, la Tchéquie, la Slovaquie et l'Autriche sont privés de façade maritime, mais dans tous les cas, les distances entre les villes principales de ces pays et les ports d'une façade maritime ou d'une autre du continent, ne dépassent jamais les 800 km à vol de oiseau. L'Europe est ainsi un territoire bien desservi par mer et propice au développement du transport de cabotage grâce à la dimension et à la forme de son territoire. Quant aux infrastructures terrestres, le réseau de chemin de fer et celui des autoroutes sont particulièrement denses et bien connectés aux ports par rapport aux autres continents. Cette caractéristique permet une bonne accessibilité aux villes et à la population européenne en général, à partir des ports maritimes. Ainsi, l'accessibilité

européenne à la mer est un des atouts principaux du cabotage. D'autre part, la densité portuaire sur le littoral européen offre une vaste possibilité de choix des ports pour atteindre ou desservir une même région géographique intérieure au continent. Cela nous permet d'affirmer que l'Europe possède des conditions géographiques et d'infrastructure terrestre et maritime optimales pour le développement du cabotage à grande échelle.

D'autre part, cet ensemble d'atouts géographiques et techniques en Europe est accompagné d'une volonté politique de développement du cabotage affichée par la politique communautaire des transports dans le « Livre Blanc » de la commission européenne. Cette volonté politique est motivée par la croissance du transport intérieur de marchandises qui, pendant les dernières années, n'a pas cessé d'augmenter. De nos jours, la croissance du transport intérieur a été absorbée principalement par le transport routier. En général, le chemin de fer et le transport fluvial ont augmenté leurs trafics ou au moins les ont maintenus depuis 1970 dans les pays européens grâce à l'augmentation générale du transport de marchandises (Fig.14). Mais dans la distribution modale terrestre de l'ensemble des marchandises transportées en Europe, la progression du transport routier est la plus importante + 1%. Le chemin de fer a conservé une participation modale stable et le transport fluvial a vu une légère baisse de - 1 % de sa participation modale (Fig.15). Il est évident que la progression modale du transport routier provoque une diminution de la participation modale des autres modes de transport terrestres.

**Fig.13 Pourcentage de la distribution modale du transport terrestre de marchandises en Europe\***

Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Chemin de fer	15	15	16	15	14	15
Route	77	77	77	77	78	78
Fluvial	8	8	8	8	7	7
Total terrestre	100	100	100	100	100	100

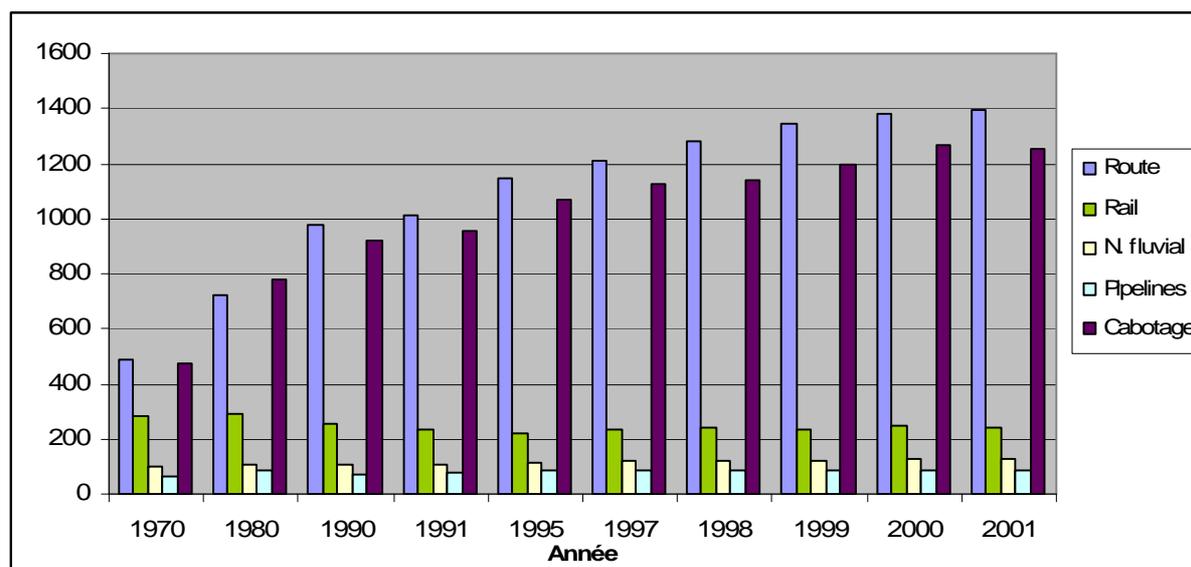
Elaboration à partir des données de EUROSTAT

\* Données sources pour l'Europe de 15

\* Pipelines non inclus

La croissance démesurée du transport routier (en tonnage transporté) par rapport aux autres modes a eu pour conséquence une relative stagnation du développement du chemin de fer, du transport fluvial et même du cabotage car ils partagent le même marché intra continental. Les effets indirects de la progression du transport routier, les plus visibles, sont la saturation routière ainsi que la pollution et les accidents dont elle est à l'origine. Ces effets motivent les volontés des politiciens et des écologistes pour un rééquilibrage modal ou si possible une progression nette des autres modes de transport terrestre. De nos jours, le cabotage est une alternative au transport routier, bien appréciée par la politique de transport communautaire en raison de sa capacité de massification des marchandises, qui offre une possibilité de diminution du trafic routier des camions et des nuisances que le transport routier des marchandises et la saturation routière impliquent.

**Fig.14 Evolution des volumes de marchandises transportées par mode dans l'UE- 15 dans la période 1970-2001 (1000 Millions tkm)**



Source : EUROSTAT, UE15

Mais en dépit de la volonté politique affichée pour la promotion du cabotage et ses capacités potentielles en tant qu'alternative au transport terrestre, le cabotage européen, a du mal à mettre en place la création de nouvelles lignes. Pour une grande partie des lignes existantes actuellement, le développement n'est pas facile et dans certains cas, des lignes ont même été fermées. Les conditions de concurrence modale ainsi que le cadre économique et administratif n'ont pas été jusqu'à ce jour les plus appropriés au

développement du cabotage. D'autre part, il faut dire que, dans la pratique courante des activités de transport, il existe une dynamique déjà consolidée autour du transport routier qui représente de fait un obstacle au développement des modes de transport concurrents par le biais du choix des chargeurs. Il est évident que les chargeurs préfèrent utiliser le mode de transport routier avec des performances déjà établies et dans tous les cas avec des défaillances déjà connues, plutôt que de tester des alternatives de transport aux risques inconnus. En acceptant cette hypothèse, on pourrait dire que plus le système de transport routier devient performant en Europe, plus les autres modes terrestres perdent leur parts du marché des transports, ce qui peut aussi s'appliquer au cabotage en tant que transport de marchandises intérieur au continent.

Après cette brève description de la situation à laquelle le cabotage se voit confronté aujourd'hui en Europe, nous pouvons affirmer que, bien que son développement soit dans les faits, difficile à accorder avec le niveau d'exigence des chargeurs habitués à la flexibilité et aux avantages du transport routier de marchandises, le cabotage a bien sa place dans le système d'échanges intra européens. Nous pouvons même affirmer que le cabotage a un rôle primordial à jouer dans la structuration d'un système multimodal européen plus performant, moins nuisible à l'environnement et qui profiterait d'une façon plus équilibrée des atouts particuliers des différents modes de transport et des infrastructures déjà installées.

Dans le deuxième chapitre, nous analyserons de façon détaillée les conditions et les contraintes économiques actuelles de l'activité de cabotage ainsi que et le statut des lignes régulières de cabotage en Europe, ses contraintes et ses avantages dans la concurrence modale de transport, ainsi que les conditions et problèmes purement techniques auxquels le cabotage se voit soumis, pour assurer une base solide et la plus proche possible de la réalité de l'activité de cabotage et de son environnement en Europe.

## **Conclusion**

Le transport maritime de cabotage est de nos jours une activité considérée secondaire ou de faible importance par rapport au grand commerce intercontinental de fret. En conséquence, il a été peu développé dans les dernières décennies. Au contraire, le transport maritime inter continental a connu un grand développement pendant la même période. Des multiples phénomènes comme : le processus de conteneurisation de fret, toujours en progression, l'ouverture des économies nationales, l'augmentation du commerce international et les délocalisations de la production, ont contribué fortement à la progression des volumes des échanges mondiaux.

En conséquence, le commerce maritime intercontinental a suivi des changements structurels au niveau de son organisation fonctionnelle, du type des navires utilisés, des infrastructures et des équipements portuaires ainsi que l'importance relative de certains ports par rapport aux autres. Les villes portuaires ont aussi subi des conséquences comme le changement de leurs activités économiques traditionnelles liées aux ports et une diminution des bénéfices économiques liés au passage portuaire de marchandises. Plus on cherche la performance portuaire, plus il faut rationaliser et automatiser les activités portuaires. Dans ce monde maritime moderne et hautement compétitif les activités maritimes traditionnelles, et le cabotage entre elles, semblent avoir de moins en moins leur place.

Cependant, le cabotage possède des énormes potentialités de développement, qui pourront être exploitées à condition de pouvoir s'adapter aux exigences des chargeurs et des usages logistiques modernes. Les trafics intercontinentaux de fret peuvent fournir la demande principale pour développer un cabotage moderne à grande échelle et non seulement celui d'aujourd'hui, intégré par quelques lignes en pénurie de trafics. D'autre part, il existe le besoin d'alternatives au transport de fret routier pour diminuer ses nuisances écologiques. La saturation des autoroutes et la forte consommation énergétique, c'est un problème présent sur plusieurs continents, mais l'Union Européenne est pionnière dans la recherche consensuelle des solutions et l'instrumentalisation d'actions coordonnées entre pays pour réussir un développement plus équilibré des modes de

transport qui soit moins nuisible pour l'environnement et qui soit capable de préserver et de développer les activités économiques de chaque mode.

Même s'il existe encore, de forts problèmes de connexion des services de transport, de législations du travail et des niveaux des salaires différents, ainsi que des qualités diverses des infrastructures de transport entre les pays membres, le libre passage de personnes et des marchandises entre pays, permet l'existence d'un territoire homogène sur lequel la concurrence modale de transports devient plus réelle que sur le reste des continents. Cette réalité a été notre motivation pour étudier les possibilités de redistribution modale en profit du cabotage sur le continent européen.

Nous considérons que dans ce cadre du transport maritime mondial hautement compétitif et dépendent des stratégies des grandes alliances maritimes d'une part, ainsi que du besoin, de possibilité fonctionnelle et de volonté politique de rééquilibrage des modes de transport pour les échanges en Europe, d'autre part, le cabotage représente non seulement une alternative écologique à la route mais aussi une pièce clé pour le développement des services combinés de transport (mer-route, mer-rail ou mer fleuve) et une opportunité de développement pour les ports mis à l'écart ou au second plan d'importance dans le système mondial de « Hubs & Spokes » déjà constitué.

## Chapitre 2. La politique européenne et la concurrence modale du transport maritime de cabotage

### 2.1 Le cabotage intra européen et le cabotage de récollection « *feeder* »

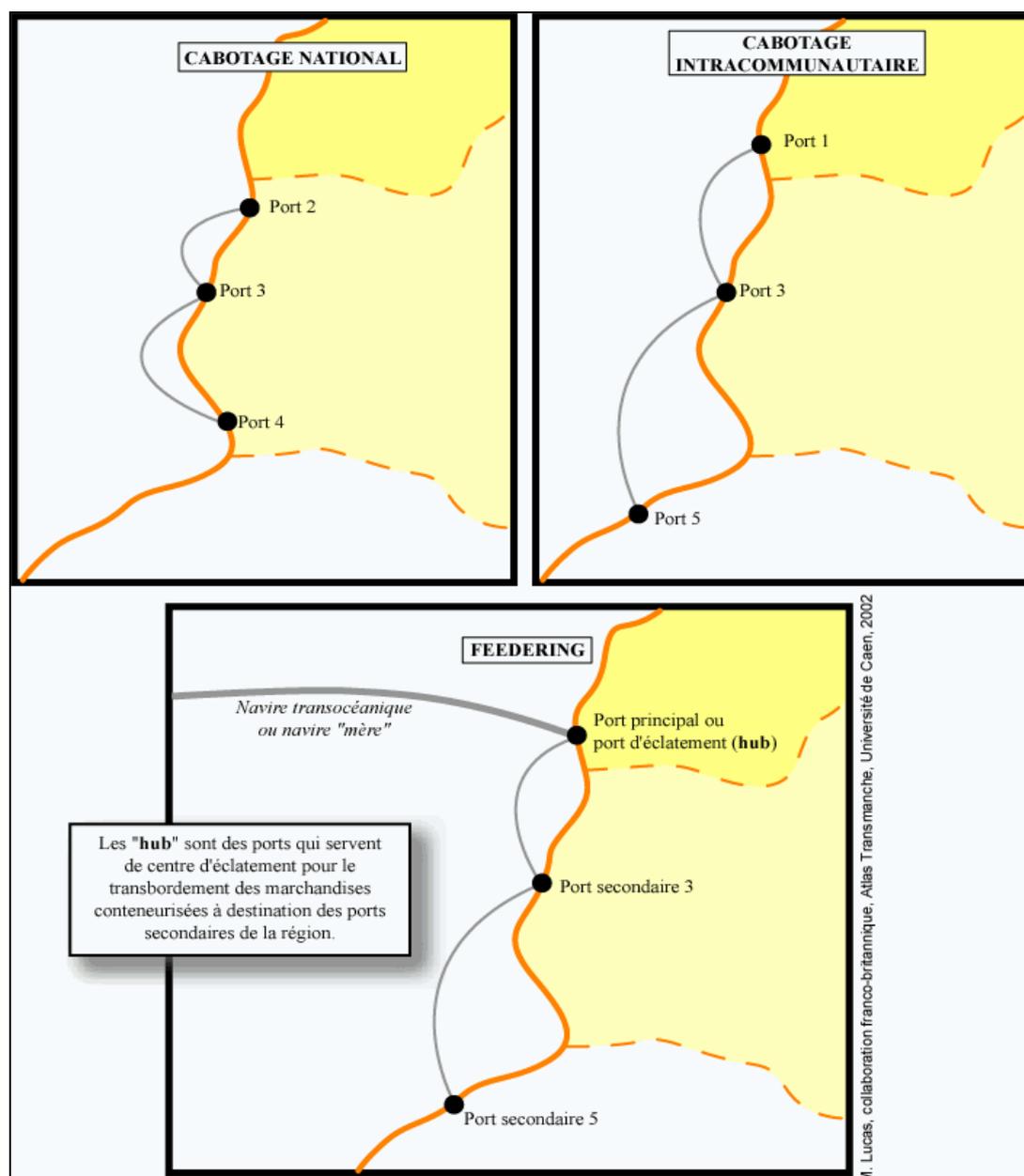
L'activité de cabotage peut être divisée en deux types de service en fonction de la destination finale des produits transportés. Nous avons donc le service de *transport de rayonnement* pour la concentration et distribution de marchandises à partir des ports de concentration « Hubs », lesquels servent de bases aux liaisons maritimes extra continentales. Le deuxième service de transport est le *cabotage pour les échanges intra continentaux*. Si nous nous intéressons aux possibilités d'augmentation du trafic du cabotage en Europe, il y a donc deux grandes voies de développement. La première est celle du développement des échanges transocéaniques et de l'organisation fonctionnelle de ports de rayonnement et de concentration « Hubs & Spokes » en Europe, la deuxième est celle du développement des échanges avec origine et destination finales à l'intérieur du continent, laquelle dépend du commerce intérieur européen, des acteurs européens du transport maritime et de la concurrence modale entre le cabotage et les autres modes de transport sur le continent.

Le développement du cabotage européen par la voie du « *feeder* » pour les échanges transocéaniques, dépend fondamentalement des facteurs d'ordre mondial qui ne sont que peu influençables par l'organisation de transports ou par la politique des transports et des échanges en Europe. Il dépend surtout du système de ports de concentration et de rayonnement préétabli et du jeu concurrentiel des armements qui ont le pouvoir de créer des « Hubs » comme on l'a vu dans le premier chapitre (1.2 et 1.4). C'est pourquoi, nous considérons que la voie la plus directe et la plus maîtrisable par les acteurs européens pour développer les ports en Europe, est celle du développement des échanges maritimes inter européens.

C'est donc à l'intérieur du territoire européen que l'on doit chercher les opportunités commerciales et agir sur le marché du transport pour augmenter ce transport par cabotage. Bien évidemment une augmentation du trafic « *feeder* » en Europe est souhaitable pour augmenter le cabotage. Mais cette augmentation du transport « *feeder* » se fera

progressivement et de manière presque naturelle, si d'abord, l'organisation fonctionnelle du transport intra européen de marchandises et les acteurs concernés, arrivent à faire du cabotage une alternative viable au transport tout route. Pour continuer à approfondir l'étude du cabotage en Europe et être en mesure d'identifier les obstacles à son développement, nous nous intéresserons à son environnement, ses caractéristiques et ses conditions actuelles de fonctionnement.

Fig.15 Schémas des types de trafics composant le cabotage de marchandises



Source : Atlas Transmanche, Université de Caen 2002

## 2.2 Le cadre concurrentiel du cabotage

Dans la concurrence du transport intracontinental, le cabotage maritime présente des avantages directs et indirects. En tant que mode de transport, il est le seul qui permet de réaliser des économies d'échelle importantes grâce à la nature du véhicule, le navire, et qui en même temps, peut offrir des services de transport de capacités et d'itinéraires variables et facilement adaptables à la demande, sans nécessité de lourds investissements en infrastructures. Il offre la possibilité de communiquer entre ports à bas prix, ce qui fait du cabotage, particulièrement en Europe, un mode de transport de grande capacité de desserte géographique. Le cabotage est aussi le moyen de transport le plus économique en consommation d'énergie par tonnage transporté, après les pipelines.

**Fig.16 Consommation d'énergie par mode de transport pour l'UE-15 en 2000 (tep/tkm)**

Mode	Performance [1000miotkm]	Consommation d'énergie [Mtep]	Consommation d'énergie par mode * [tep/tkm]
Route	1378	25,36	<b>0,000018403</b>
Rail	250	7,7	0,0000308
Air	Données non disponibles	44	-
Navigation fluviale ***	125	Données non disponibles	0,00000424
Pipelines	85	Données non disponibles	-
Cabotage **	1270	5,3	<b>0,00000417</b>

\*\*\* La CEMT considère la consommation du Cabotage semblable à la consommation de la N. fluviale à cause du manque de données

\*\* Trafic intra-EU + domestique, Source : Eurostat

\* Valeurs calculées à partir des données OCDE

Les avantages indirects du cabotage par rapport à la concurrence des transports terrestres sont multiples. Par rapport au transport fluvial, le cabotage a l'avantage d'offrir une plus large desserte du point de vue géographique car le transport fluvial est limité aux voies d'eau navigables, en desservant uniquement les zones riveraines. Par rapport au chemin de fer, le transport par cabotage offre des économies d'échelle importantes et en conséquence des prix de transport plus bas, des liaisons plus directes à mesure que la distance entre l'origine et la destination augmente car il ne dépend pas d'infrastructures

fixes et nécessite une moindre énergie de fonctionnement, bien que les prix de transport ferroviaire et la consommation énergétique ferroviaire soient déjà avantageux par rapport au transport routier. Finalement, par rapport au transport routier, le cabotage offre des grandes économies d'échelle qui réduisent considérablement les prix de transport. L'option de massifier les flux permet de mieux contrôler le trajet de la marchandise, de réduire de manière importante la consommation énergétique de transport et en conséquence de réduire les coûts énergétiques et les dommages écologiques que la pollution implique. Pour avoir un ordre de grandeur, la consommation énergétique du cabotage pour déplacer une tonne d'un kilomètre, équivaut à un peu moins de la consommation d'une ampoule domestique de 100w pendant 5 heures tandis que le transport routier a besoin de l'énergie consommée par la même ampoule pendant 22 heures.

$$\text{CEC} = 424 \times 10^{-7} \quad [\text{tep}/\text{tkm}] \quad ; \quad \text{CER} = 18403 \times 10^{-8} \quad [\text{tep}/\text{tkm}]$$

$$1 \text{ tep} = 1163 \times 10^4 \text{ Wh} \quad \rightarrow \quad 1163 \times 10^4 \text{ CEC} = 493,112 \quad [\text{Wh}/\text{tkm}]$$

$$1163 \times 10^{-8} \text{ CER} = 2140,269 \quad [\text{Wh}/\text{tkm}]$$

CER  $\equiv$  Consommation énergétique du transport routier

CEC  $\equiv$  Consommation énergétique du cabotage

tep  $\equiv$  tonne équivalente du pétrole

tkm  $\equiv$  tonne-kilomètre

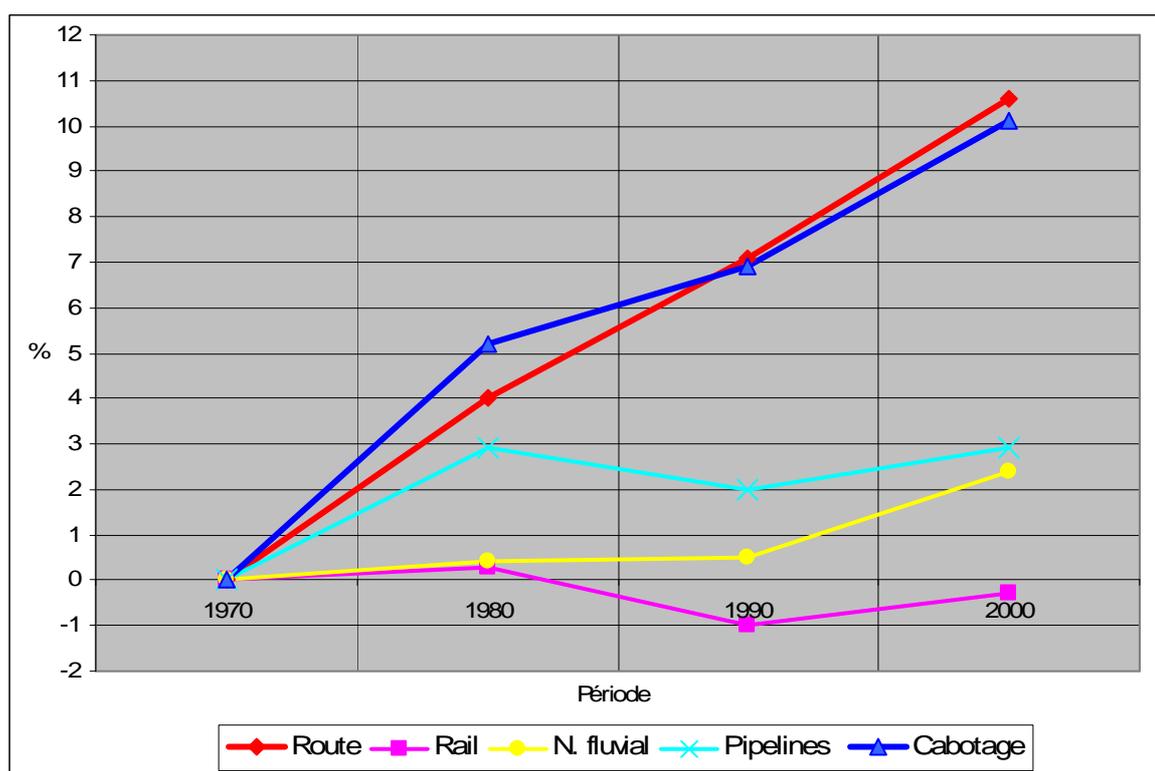
Wh  $\equiv$  watts/heure

Mais le cabotage présente aussi des désavantages par rapport aux concurrents du transport terrestre. Le principal désavantage du cabotage est la dépendance au moins d'un autre mode de transport terrestre pour pouvoir accomplir le transport d'une marchandise entre deux points géographiques, à l'intérieur du continent. Dans ce sens, le cabotage ne peut réaliser de transport uni modal qu'entre des régions côtières et des villes portuaires, et même pour ce type de trajet, une composante minimale de transport terrestre s'avère nécessaire. C'est ainsi que le cabotage est assujéti à la contrainte des acheminements et des post-acheminements qui le rendent fortement dépendant des autres modes de transport terrestre (route, rail et fleuves). Bien entendu, la dépendance du cabotage aux autres modes ne favorise pas sa compétitivité individuelle pour le transport de marchandises dans le continent, cette dépendance est sa principale faiblesse.

### 2.2.1 Le mode de transport dominant de la concurrence modale terrestre

Le transport routier est le principal concurrent du cabotage maritime et des autres modes terrestres (ferroviaire et fluvial). En fait, il existe une forte augmentation du trafic routier de marchandises année après année, produit de deux phénomènes qui s'ajoutent. D'un côté, l'augmentation des volumes de marchandises dans les échanges européens et de l'autre côté, un grignotement des parts de marché du transport ferroviaire, fluvial et maritime de cabotage par le transport routier. Ce phénomène mixte est reflété par la croissance continue des volumes transportés par route et les faibles croissances, voire décroissances, des volumes transportés par les autres modes terrestres.

**Fig.17 Croissance moyenne cumulée de modes de transport dans l'Europe des 15**



© H. Martell, 2005, CIRTAL, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre, à partir de données Eurostat

Le transport routier compte d'énormes avantages concurrentiels par rapport aux autres modes de transport malgré ses désavantages. Il est le mode le plus coûteux en consommation d'énergie par tonnage transporté, il dépense presque 6 fois (5,93) l'énergie

dépensée par le transport ferroviaire et un peu plus de 4 fois (4,38) l'énergie dépensée par le transport fluvial (Fig.16). D'autre part, les prix de transport aux chargeurs sont aussi les plus élevés parmi les modes de transport terrestre.

Les principaux avantages du transport routier sont : la flexibilité du véhicule, le camion, et la densité des réseaux autoroutiers européens. La flexibilité du camion permet la desserte de tout point géographique relié par route, et le réseau routier des pays européens connecte tous les points de production industrielle ou agricole à toutes les agglomérations urbaines avec une forte incidence des routes et autoroutes. Ainsi, le véhicule et le réseau donnent au transport routier la possibilité d'offrir des services de transport de porte à porte, sans besoin d'éclatement de charge ni de manipulation de marchandise pendant le transport.

### **2.2.2 Le chemin de fer, un mode de transport dépassé ?**

Le transport de marchandises par chemin de fer est le moins avantageux dans la concurrence modale. Depuis 1970 les faibles augmentations et diminutions de trafic lui ont donné une situation d'équilibre, mais sa croissance semble chuter de manière importante depuis 2000. Dans la période 2000-2001, le chemin de fer a eu une décroissance de -3,2 % tandis que le transport routier a cru de 1,3 % et les pipelines de 1,6 %. Le transport de cabotage a aussi diminué avec une décroissance de -1,3 %. On pourrait penser que les diminutions de croissance de transport de marchandises par train et par cabotage ont été équilibrées par la croissance du transport routier. Cela démontre qu'il existe une redistribution modale en faveur du transport routier, qui est indépendant des variations de volumes des échanges intra européens.

Les principaux avantages du chemin de fer sont les économies d'échelle et les bas prix bas de transport qu'il peut offrir. D'un point de vue technique, il nécessite la plus faible consommation énergétique par rapport à ses concurrents (l'ampoule de 100w allumée à peine 3h36 pour déplacer 1 tkm). Il est aussi favorisé par la grande densité du réseau ferré européen, le plus dense du monde par continent, avec une moyenne de 50 m de voie ferrée par km<sup>2</sup> (EU-15), avec la possibilité de desservir pratiquement toutes les villes et zones industrielles européennes. Mais, bien que le réseau et le matériel roulant du

chemin de fer en Europe soient performants, le train est tributaire du transport routier pour ses acheminements et post-acheminements de marchandises à partir des gares ferroviaires. Cette dépendance au transport routier, provoque des coûts et des délais additionnels non liés à son fonctionnement propre, mais qui rendent le transport par chemin de fer moins compétitif malgré tous ces atouts.

En sachant que le chemin de fer est resté avec une participation modale dans le transport terrestre de marchandises de 15 % quasiment stable depuis 1970 (Fig.13) et que son taux de croissance annuel à partir de 2000 est le plus négatif par rapport aux autres modes, on serait tenté de penser que le train est dépassé définitivement dans la concurrence modale. Certes, l'on ne peut rien affirmer à partir de taux de croissance négatifs de 2 ou 3 ans et peut-être que le chemin de fer terminera la décennie de 2000-2010 avec sa traditionnelle partie modale terrestre de 15 %. D'autre part, cette appréciation n'est fondée que sur les données agrégées à l'échelle européenne et donc l'évolution de la répartition modale par pays ainsi que les perspectives nationales des chemins de fer peuvent être bien différentes. Sans doute, le transport ferroviaire de marchandises continuera son évolution technique et administrative pour s'adapter aux exigences du marché du transport, comme le prouvent la récente implantation des services de « ferroutage », de « route roulante » ainsi que son processus de libéralisation. En général, il semblerait qu'il ne perdrait pas drastiquement sa part du marché des transports, mais une augmentation est peu probable. Dans le meilleur des cas, il continuera dans cette même position par rapport à la distribution modale. Le chemin de fer n'est donc pas un mode vraiment dépassé pour le transport de fret, mais un mode stagnant dans la concurrence modale.

### **2.2.3 Le transport fluvial, un mode de transport économique, écologique et efficace mais très confiné**

La navigation fluviale possède de grands avantages concurrentiels, parmi les modes terrestres. L'on pourrait presque dire qu'il est le transport terrestre idéal. Ses principaux avantages sont liés d'une part, à la nature du véhicule, à savoir, la barge fluviale ou péniche et le chaland non autopropulsé, et d'autre part, à la voie d'eau avec des coûts d'infrastructure et d'entretien nuls. La voie d'eau permet à la fois une communication avec la mer, presque directe, et un accès au territoire d'arrière pays des ports. Cela signifie

que sous certaines conditions de transbordement mer - fleuve et si la destination de la marchandise est localisée aux bords du fleuve, comme c'est le cas dans la région rhénane, il est possible d'effectuer un transport combiné mer – fleuve de porte à porte « sans aucune intervention du transport routier ».

En dehors de la voie d'eau, les avantages côté véhicule sont nombreux. Par exemple, sa consommation énergétique est 35 % supérieure à celle du chemin de fer mais elle est à peu près un cinquième de celle du transport routier (Fig.16). Les deux modes de transport utilisent principalement le gazole comme carburant, et donc la pollution générée par les péniches est aussi de l'ordre d'un cinquième de la pollution générée par les poids lourds à la tonne/kilomètre. Le transport fluvial est aussi le moyen de transport terrestre le moins cher pour le chargeur. Son prix bas, malgré sa consommation énergétique plus élevée que celle du chemin de fer, s'explique par les économies d'entretien d'infrastructure et le moindre nombre d'employés nécessaires pour son fonctionnement. Quant aux emplois générés, il faut remarquer que dans le transport fluvial européen, la majorité des équipages employés sur les péniches (1 ou 2 personnes) en sont aussi les propriétaires, ce qui réduit les coûts d'administration. Ceci, est particulièrement vrai en Belgique et aux Pays Bas.

**Fig.18 Ordre de grandeur des prix des transports terrestres en Europe**

Prix moyen 2003 [tkm]	Max €	Min €	Proportion du prix moyenne par rapport à la voie d'eau
Cabotage	<b>0,03</b>	0,01	1
Chemin de fer	0,07	0,03	2,5
Route	<b>0,07</b>	0,05	3
Pipeline	nd	nd	nd

Source : SCEREN, Les ports maritimes français dans les échanges mondiaux

### 2.3 Les critères du choix modal des chargeurs

Sans prétendre être exhaustif en ce qui concerne les critères des chargeurs pour le choix du transport, nous tenterons d'en définir les principaux. Sans doute le principal critère de choix est le prix du transport. En même temps, il est impossible d'identifier la totalité des motivations individuelles que les chargeurs peuvent avoir pour choisir un mode de transport, par exemple : le fait d'être écologiste, d'être passionné de train ou de posséder des actions de l'Eurotunnel. Bien que la totalité des critères de choix modal de

chargeurs soit insaisissable, nous pouvons dire qu'en général, les chargeurs opteront pour le service de transport le plus avantageux, celui qui permet :

- I. La possibilité d'expédier et se faire livrer la marchandise sans limitation d'horaires ni de calendrier. Cette possibilité donne au chargeur une capacité de réponse rapide à la demande. En même temps, la capacité de réponse s'avère plus importante lorsque la demande est variable ;
- II. de pouvoir expédier leurs produits avec des cadences rythmées par la production si la demande est constante. Une sûreté telle permet aux chargeurs de profiter au maximum des espaces de production et de réduire au minimum leurs coûts de stockage ;
- III. d'avoir l'option d'expédier leurs produits de façon ponctuelle, avec des cadences et des volumes variables si la demande n'est pas constante. Cette option permet aux chargeurs de rediriger leurs expéditions facilement ;
- IV. d'envoyer des marchandises d'un point « a » vers un point « b » quelconque avec un minimum de rupture de charge, car même si ces ruptures de charge ne représentent pas de surcoût pour le chargeur, les ruptures signifient une possibilité de vol ou de détérioration de la marchandise, aux yeux du chargeur ;
- V. de réduire au minimum possible le nombre de transporteurs qui participent au service de transport entre deux points. La motivation pour le chargeur est double : réduire au maximum la manutention de la charge, et réduire le nombre de contrats et de formalités que le changement de transporteurs, le changement de mode de transport ou le changement des assurances peuvent impliquer.

Bien que les agents du transit arrivent à offrir des services de transport et d'assurances plus au moins intégrés et meilleur marché, en général, le réflexe du chargeur pour des expéditions de marchandises est simple (moins de modes de transport nécessaires = transport moins cher).

### 2.3.1 Les modes de transport aux yeux des chargeurs

Les modes de transport ont des caractéristiques qui offrent aux chargeurs des avantages différents en fonction de leurs intérêts particuliers. En tant que client des services de transport, le point de vue du chargeur joue le rôle le plus important dans la concurrence intra modale. Nous pouvons résumer les préférences des chargeurs et donc les principaux facteurs de leur choix modal comme :

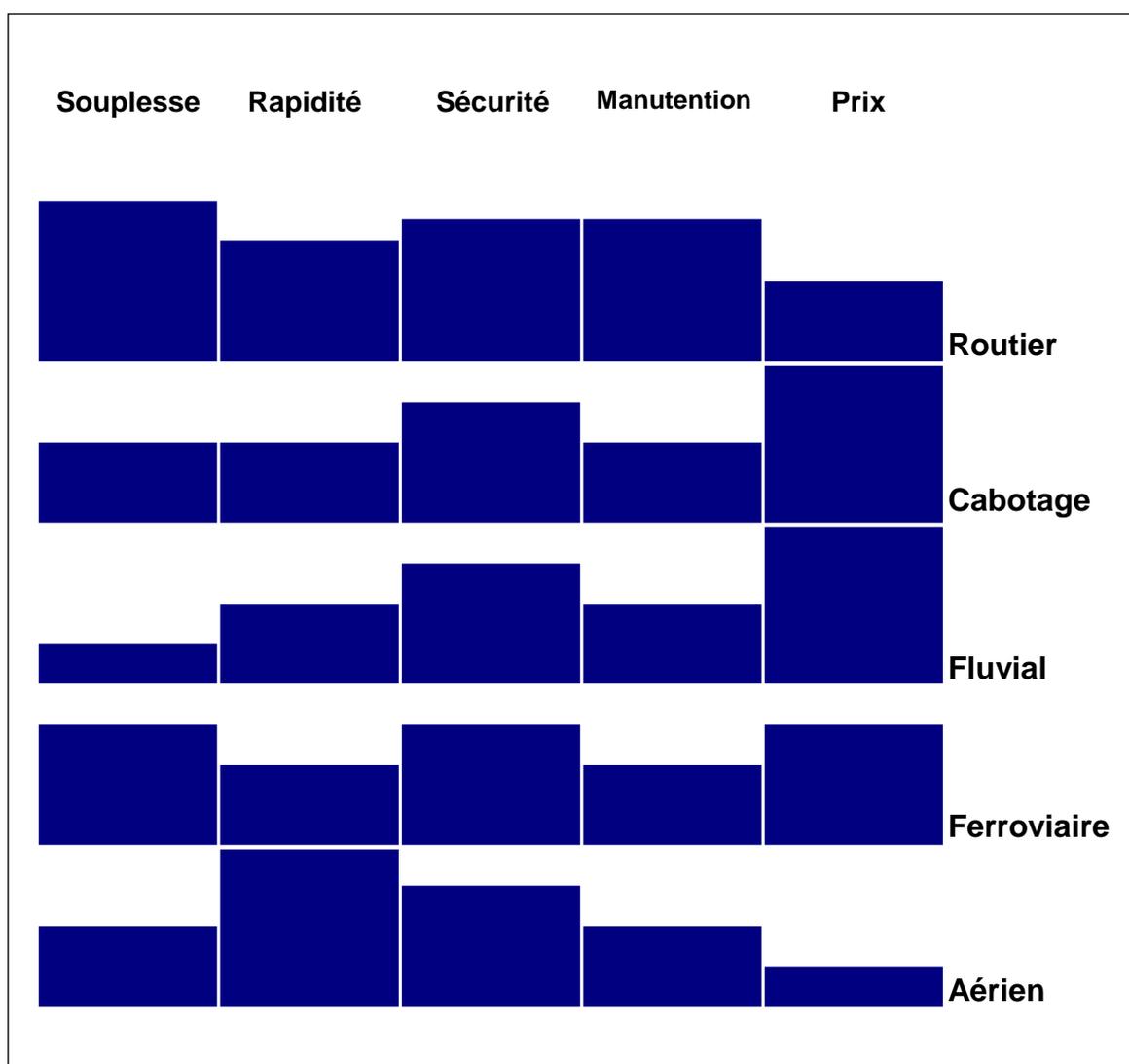
- a) *La souplesse de transport*, c'est-à-dire, la capacité du mode de transport pour desservir de la façon la plus directe une origine et une destination quelconque. Le service du transport porte-à-porte par le même véhicule représente la flexibilité maximale.
- b) *La rapidité du transport*, vue auparavant, permet aux chargeurs d'améliorer leur propre compétitivité grâce aux économies de réduction de stock qui peuvent être faites, indépendamment de leur genre d'activité.
- c) *La sécurité de la charge*, qui se traduit pour le chargeur, comme la possibilité d'avoir connaissance de la localisation de la marchandise et un responsable unique de celle-ci à n'importe quel moment du trajet.
- d) *Le minimum de manutention intermédiaire*  
La manutention intermédiaire de la marchandise et la rupture de charge signifie pour le chargeur un risque que celle-ci soit détériorée. Ainsi, le minimum d'opérations de manutention et de ruptures de charge nécessaires pour le transport, est un atout du mode de transport aux yeux des chargeurs.
- e) *Le prix du transport* est en général le facteur déterminant du choix modal. Bien que les critères ayant été exposés soient tous importants pour le choix du chargeur, le prix reste décisif. Uniquement dans certains cas d'extrême urgence, le prix peut être négligé, mais ces exceptions ne changent pas la tendance générale.

### **2.3.2 La structure de choix par mode**

Pour mieux visualiser les critères de choix des chargeurs que nous venons de décrire et leur importance relative par rapport aux caractéristiques et aux possibilités de service de chaque mode de transport, nous avons construit un tableau de notes qualitatives des modes de transport, en considérant une desserte intracontinentale. Bien évidemment toutes les liaisons ne peuvent être effectuées par tous les modes de transport de façon exclusive et alternative, en raison de la localisation géographique des origines et des destinations, et de l'existence ou non des infrastructures propres à chaque mode. Pour établir des notes comparatives nous avons repéré sur une échelle de zéro à vingt, quatre qualités de préférence qui vont de « Hautement attractive » à « Peu avantageux ».

Certes, les notes qualitatives qui apparaissent ensuite dans le tableau sont empiriques. Mais ici nous ne considérons pas ces notes comme des indicateurs qui mesurent la préférence des chargeurs. Nous utilisons ces notes comme une manière d'exprimer de façon plus claire la représentation pour les chargeurs, des différents modes de transport en fonction de leurs propres intérêts. Nous considérons que les différents critères de préférence et la représentation des chargeurs sur les différents modes de transport, sont à l'origine du choix modal et sont en bonne partie le motif du déséquilibre modal de transport. En fait, le regard sur les modes de transport de l'ensemble des acteurs est à l'origine de ce déséquilibre modal. Ultérieurement nous analyserons aussi, d'une manière générale, les points de vue des autorités publiques sur le choix modal ainsi que les perspectives des transporteurs de chaque mode par rapport aux autres modes de transport.

**Fig.19 Structure des avantages par mode de transport en fonction des 5 critères du choix du chargeur**



© H. Martell, 2004, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

A partir du dernier graphique, nous pouvons apprécier les structures d'avantages comparatives des modes de transport qui orientent le choix du chargeur. Le chargeur en tant que client des services de transport a, en conséquence, le rôle le plus important pour le fonctionnement et le développement des activités d'un mode de transport ou d'un autre. Les cinq principaux critères de choix modal des chargeurs nous permettent d'identifier le niveau d'avantage que chaque mode représente à leurs yeux. Ainsi, nous observons que dans le cas du transport aérien intracontinental pour le transport de fret, le seul avantage comparatif par rapport aux autres modes de transport est la rapidité représentée par un pic

dans la structure correspondante. La souplesse de transport et la sécurité de la charge se voient diminuées par l'acheminement et le post-acheminement terrestre nécessaires qui impliquent au moins deux manutentions intermédiaires de la charge. D'autre part, l'inconvénient principal du mode aérien aux yeux des chargeurs est le prix du transport, sans doute le facteur décisif du choix. Pour cela le transport aérien de fret a eu jusqu'à aujourd'hui une croissance limitée en volume. Les prix élevés restreignent le développement de fret aérien aux marchandises de haute valeur ajoutée.

Dans le cas du transport routier nous trouvons une structure qui est la plus favorable aux besoins du chargeur. Cette structure présente les niveaux d'avantages les plus élevés dans les critères de sécurité de la charge, de moindre manutention intermédiaire, de souplesse horaire et d'itinéraire du transport. Tous ces atouts sont liés à la souplesse du véhicule de transport (le camion) et à l'indépendance que la haute densité du réseau routier lui offre. Le deuxième atout du transport routier est sans doute la rapidité de transport. Bien que celle-ci soit un fort désavantage en comparaison de celle du transport aérien, le transport routier est le deuxième moyen de transport le plus rapide. Cette rapidité qui est aussi liée à la haute densité auto routière et pas uniquement au véhicule est sans doute la cause de la progression et de la domination du transport routier dans la répartition modale terrestre. Quant au prix, le transport routier occupe aussi la deuxième place derrière le transport aérien, ce qui fait du transport routier, le transport terrestre le plus cher. Ceci, représente donc, le seul point faible du transport routier par rapport aux autres modes de transport aux yeux des chargeurs.

Le chemin de fer est le mode de terrestre le moins cher derrière le transport fluvio-maritime, avec une capacité importante de dessertes, grâce à la haute densité du réseau de voies ferrées en Europe. Bien que la desserte du chemin de fer puisse atteindre la quasi-totalité des villes dans la zone géographique étudiée et qu'en conséquence, on soit tenté de comparer sa flexibilité avec celle du transport routier, le besoin de l'acheminement et de post-acheminement est nécessaire dans la majeure partie des cas, et creuse une importante différence de niveau de flexibilité entre le transport ferroviaire et le transport routier. Mais ce désavantage du chemin de fer face au transport routier est plus important car la flexibilité horaire du transport routier est pratiquement absolue et non réglementée, c'est-à-dire, 24/24 h à la différence du service ferroviaire qui dépend d'horaires fixes et qui se trouve dans un cadre de réglementation stricte par rapport au mode routier. Donc, ni la

flexibilité des horaires ni celle des itinéraires ne sont comparables entre les deux modes. Ainsi, le transport routier reste le mode le plus souple aux besoins des chargeurs. Cependant, la capacité de massification de marchandise du transport ferroviaire, lui permet de se maintenir comme le mode de transport terrestre le moins cher avec une capacité de desserte importante. Nous pouvons observer (Fig.19) que le transport ferroviaire possède une « structure d'avantage » moyenne parmi les autres modes, en ayant « le prix de transport aux chargeurs » comme principal atout concurrentiel sur le mode aérien et le mode routier.

Le transport fluvial est aussi considéré comme un mode de transport terrestre et il offre aux chargeurs les prix les plus bas par rapport aux autres modes de transport (Fig.18). Le développement et la desserte du transport fluvial sont limités aux voies navigables existantes ou conditionnés par de forts investissements pour la construction de nouveaux canaux navigables, qui, de toute manière, ne pourront jamais atteindre une couverture géographique semblable à celle du réseau routier et du réseau ferré en Europe. Ce fait a provoqué un développement très localisé et quasiment confiné des activités de transport fluvial. Aux yeux des chargeurs, le transport fluvial est considéré pratiquement de la même façon que le transport ferroviaire, c'est-à-dire, un moyen de transport bon marché mais long et plus risqué que le transport routier. D'autre part, il est aussi dépendant du transport routier pour l'acheminement et le post-acheminement, sauf exception des origines et /ou destinations sur la rivière d'une voie navigable ou sur un port d'estuaire. Le transport fluvial est handicapé dans la concurrence modale, et comme dans le cas du transport ferroviaire, son principal atout aux yeux de chargeurs est le prix bas. De cette manière, nous pouvons en déduire que les structures de choix correspondantes au mode ferroviaire et au mode fluvial présentent une forte similitude, différenciée uniquement par la moindre couverture géographique du transport fluvial.

Pour le transport maritime de cabotage, la souplesse limitée de transport et le manque de possibilités de dessertes à l'intérieur du continent sont les principaux désavantages concurrentiels par rapport au mode routier et aussi par rapport au mode ferroviaire. Bien que le mode ferroviaire ait besoin des acheminements et de post-acheminements de la même façon que le cabotage, la possibilité de desserte à l'intérieur du territoire donne au chemin de fer un énorme avantage concurrentiel sur le cabotage. La rapidité du transport de cabotage dépend évidemment de la distance à naviguer entre deux

ports, origine et destination d'une marchandise et de la vitesse moyenne des bateaux, du nombre d'escales et de la durée de celles-ci dans les ports touchés, mais aussi des conditions météorologiques et de courants marins. Donc, la rapidité du transport de cabotage dépend plus fortement des facteurs externes que la route ou le chemin de fer, à ce niveau le cabotage se trouve en fort désavantage concurrentiel.

D'autre part, la sécurité de la marchandise transportée dépend pour une certaine mesure du nombre de manutentions intermédiaires définies par le nombre de relais de transport nécessaires entre différents véhicules tout au long du trajet. Le nombre de manutentions varie principalement en fonction du nombre de relais terrestres nécessaires pour l'acheminement et le post-acheminement. Mais si l'on considère la possibilité d'un seul acheminement terrestre et un seul post-acheminement soit par train, par route ou par fleuve indifféremment, nous pouvons dire qu'au niveau « sécurité du fret » et minimisation de manutention au long du trajet, le transport de cabotage est en égalité concurrentielle avec le transport ferroviaire et le transport fluvial. De la même manière, nous pouvons dire que le cabotage dépend à peu près de la même façon du transport routier que le transport ferroviaire et le transport fluvial. Finalement, l'aspect « prix de transport aux chargeurs » qu'offre le cabotage est sans doute le plus avantageux par rapport aux autres modes de transport. Cet atout du cabotage est le produit de la capacité de massification des navires ainsi que la liberté et la gratuité de l'utilisation de la mer. Nous trouvons que cet avantage du cabotage sur les autres modes de transport, est de fait, la seule possibilité pour lui de gagner du terrain dans la distribution modale de transport des marchandises. Bien que le transport de cabotage compte plusieurs autres avantages d'ordre écologique, de sécurité et de consommation énergétique par rapport à ses concurrents modaux, le facteur prix du transport est le seul facteur d'intérêt ou au moins le facteur décisif dans le choix des chargeurs.

Pour cela nous nous appuyerons principalement sur cet avantage du cabotage afin de justifier au long de ce travail la nécessité et la possibilité économique d'une restructuration du transport de cabotage intra européen. Pour nous, l'éventuelle restructuration du cabotage doit se baser sur une redistribution modale de transport de marchandises en faveur du transport de cabotage. Une telle redistribution modale pourrait apporter des bénéfices non seulement aux acteurs du transport maritime mais aussi à la communauté en général, par exemple : en aidant au décongestionnement des autoroutes, à la diminution des

taux de pollution générée par tonne transportée, à l'augmentation du trafic de certains ports grâce au commerce intra européen, au développement des techniques opérationnelles et organisationnelles du transport multi modal, et peut être, en donnant un nouvel élan économique à certaines villes portuaires grâce à une nouvelle spécialisation dans le cabotage.

Après cette brève analyse des différents modes de transport concurrents du cabotage, à travers l'optique des chargeurs, nous pouvons vite arriver à la conclusion que le mode de transport le plus avantageux n'existe pas en réalité. Chaque mode de transport peut devenir le mode de transport le plus avantageux en fonction des situations différentes, de la diversité des marchandises à transporter, des exigences de rapidité du transport, des négociations de prix préférentiels aux chargeurs etc. Mais dans le cas général et de façon idéale, nous pouvons imaginer un mode de transport le plus avantageux pour le chargeur. Un mode qui soit capable de changer la tendance apparemment inéluctable de la distribution modale actuelle qui continue à progresser en faveur du transport tout route.

*Le mode de transport le plus avantageux* serait dans le cas idéal celui qui pourrait compter avec :

- a) la souplesse du transport routier ;
- b) la vitesse du transport aérien ;
- c) la sécurité de la charge et le minimum de manutention nécessaire du transport routier ;
- d) *et finalement le prix du cabotage*

Un transport qui puisse compter avec tous les avantages combinés des modes de transport que nous venons de lister n'est possible que de façon idéale avec la technologie actuelle. Mais ce mode de transport idéal, nous permet maintenant de mettre en évidence que le transport de marchandises le moins cher et le plus avantageux en même temps, ne peut être que l'issue d'une combinaison des avantages des modes de transport. En d'autres mots, pour approcher le mode de transport idéal, nous devons travailler davantage sur la conception des techniques et de services multimodaux. *De cette manière, parmi l'ensemble de combinaisons possibles entre modes, pour relier deux points géographiques spécifiques, il doit exister une combinaison multimodale plus avantageuse que les transports directs uni modaux.* Mais il ne faut pas oublier que l'activité de transport en général, dépend de 3 facteurs principaux : les caractéristiques de fonctionnement et organisations propres à

chaque mode de transport (route, rail, maritime, fluvial ou aérien), les conditions concurrentielles (état des infrastructures de transport, législation de travail, normativité de l'activité de transport) et le cadre géographique du territoire à desservir (distances entre lieux, reliefs, topographie, chaînes de montagnes, fleuves etc.).

Ainsi, bien qu'en théorie, il puisse exister de nombreuses combinaisons modales pour relier deux nœuds donnés (villes ou zones industrielles par exemple), l'effectivité de toute optimisation organisationnelle ou technique du transport sera subordonnée aux conditions et aux contraintes géographiques. En d'autres mots, nous pouvons optimiser l'organisation des transports pour des besoins particuliers (trouver la chaîne multimodale optimale par exemple), nous pouvons rendre plus performants les véhicules des différents modes de transport (augmenter les capacités de charge ou la vitesse) de façon à rendre leurs services plus efficaces, *mais, pour des conditions concurrentielles égales des différents modes de transport sur un même territoire, le facteur géographique sera prédominant pour l'obtention de la chaîne optimale.* Nous reviendrons sur cette affirmation au chapitre 4.

D'autre part nous considérons que les points nodaux des réseaux de transport de différents modes, peuvent jouer de façon importante dans l'harmonisation et l'optimisation des transports multimodaux. Cette harmonisation peut éventuellement nous permettre d'approcher certains services de transport du « mode de transport le plus avantageux ». Ainsi, les équipements, la logistique interne et la localisation des points nodaux du transport de marchandises comme les ports, les gares ferroviaires, les centres routiers, les ports secs et les plates formes logistiques en général, sont des outils organisationnels pour l'amélioration et pour la conception de nouveaux services de transport multimodaux. Postérieurement, nous discuterons sur les possibilités d'harmonisation des services de transport avec une composante du cabotage et ses contraintes. Ensuite, nous aborderons le cadre de la politique des transports en Europe parce que la politique européenne est de nos jours le cadre réglementaire et aussi le cadre de la politique-économique, appliqué aux activités économiques en général, en Europe, aux transports et donc au cabotage maritime en particulier.

## **2.4 La politique maritime communautaire en Europe**

La politique des transports de l'Union couvre essentiellement la planification des infrastructures et la libéralisation des accès aux marchés et aux activités de transport en général. Elle tente d'effacer les différences de conditions de concurrence, de fonctionnement et de sécurité des transports, visant à développer de façon durable tous les modes de transport dans les pays membres. La politique européenne des transports devient ainsi le cadre politique et régulateur de l'économie et des transports en Europe.

Les politiques menées jusqu'à aujourd'hui sont le produit de deux visions différentes, la première est une vision exclusivement communautaire et la seconde est une vision paneuropéenne, c'est-à-dire, une vision européenne plus large, en prenant en compte les pays non membres inscrits dans le continent. En ce qui concerne la vision communautaire, les évolutions du cabotage n'ont pas été homogènes : d'une part, à cause des politiques communautaires présentant des lacunes, dont l'importance varie entre les modes, d'autre part, à cause de la mécanique d'application de ces politiques. Elles sont pour leur majorité mises en œuvre sur la base de directives qui laissent aux états membres, un pouvoir substantiel dans leur introduction en droit interne, fait qui provoque une application partielle et/ou un décalage temporel de l'application des mesures visant à développer le cabotage dans les différents pays de l'Union Européenne.

Quant à la vision paneuropéenne, on trouve des évolutions avec des variations encore plus marquées. On trouve ainsi deux cas : le premier, celui des pays non membres comme l'Islande, la Suisse et la Norvège, qui appliquent les règles communautaires et qui sont adhérents à l'accord sur l'Espace Economique Européen ; le deuxième cas, celui des pays d'Europe centrale ou orientale, nouveaux arrivants dans l'Union, qui se trouvent dans un processus récent de transition vers une économie de marché, ayant besoin d'adaptations économiques et productives aux principes libéraux appliqués par les pays de la communauté.

On trouve aussi des différences importantes en ce qui concerne l'application des principes libéraux, tant dans les pays communautaires que dans les pays européens non

communautaires. Dans les pays communautaires, par exemple, on trouve le cas de libéralisation totale du domaine maritime et portuaire au Royaume Uni, aux Pays-Bas et en Belgique où l'on va jusqu'à la vente des infrastructures portuaires, tandis qu'en France et en Espagne on trouve un moindre degré de libéralisation. On peut le constater par le fonctionnement des administrations portuaires dépendantes des Etats, à travers des lois de propriété nationale des ports et de leurs infrastructures, ainsi que de la planification du développement portuaire qui s'inscrit dans la planification nationale et régionale des transports, en l'occurrence, les Ports autonomes en France et les Ports d'intérêt général de l'Etat en Espagne. Parmi les pays communautaires on trouve aussi des cas de libéralisation intermédiaire ou mixte comme l'Italie qui compte des ports sous schéma d'administration nationale comme Leghorn et Civachitta, des ports sous schéma de « port autonome » inscrits dans une planification nationale comme Gênes, Naples et Trente ainsi que des ports totalement privés et sans aucune ingérence de l'Etat comme Gioia Tauro.

En 2000, la répartition des modes de transports des marchandises pour les échanges intra-communautaires s'établit ainsi :

- Route 44 %
- Cabotage 41 %
- Rail 8 %
- Voies navigables 4 %

Le cabotage a conservé la première position jusqu'au milieu des années 1980. Depuis, l'écart avec le transport routier n'a cessé de s'élargir. Il a même augmenté de 35% au cours des années 1990, tandis que les transports maritimes ne progressaient que de 27% (Fig.17). Les projections font anticiper une accélération du phénomène. Pour 2010, le trafic routier de marchandises devrait augmenter de 50% à 300% par rapport à 1999 et cette augmentation devra être satisfaite par le transport d'une façon ou d'une autre. Ainsi nous avons une énorme opportunité de développer le cabotage s'il peut répondre à cette demande potentielle. Cela représente un grand enjeu pour la concurrence modale, mais si la route l'emporte sur le cabotage et que la distribution modale actuelle se maintienne, des situations fortement gênantes, se produiront :

- Congestion des axes routiers (qui ont un coût économique en terme de perte de temps)
- Pollution (82 % des émissions de CO2 dues aux transports, sont le fait des transports routiers)

- Grande dépense énergétique inutile (le transport routier possède la consommation la plus importante par mode)
- Insécurité routière

Elles provoquent ou augmentent des problèmes dont la solution ou le contrôle ne sont pas pris en charge par le transport routier. Les solutions de redistribution modale sont donc favorisées par les politiques communautaires dans le « Livre Blanc » sur les transports de septembre 2001, et le programme « Marco Polo » en cours d'élaboration (mise en œuvre en 2003). L'objectif, est de limiter la progression du trafic routier à 38 % à l'horizon 2010 (au lieu des 50 % prévus). Cela impliquerait un développement très important du cabotage, qui devrait absorber, au niveau européen, 12 milliards de tonnes - kilomètres supplémentaires par an.

## **2.5 La politique de l'Union Européenne au sujet du cabotage**

Depuis vingt ans, la politique européenne a adopté le développement du cabotage comme un des axes prioritaires de développement des transports en Europe. La commission de l'UE chargée de la promotion du mode, a entrepris des actions législatives, organisationnelles, d'appui à l'innovation technique et à la recherche, ainsi que de financement des projets opérationnels visant à développer l'activité. Nous ferons une brève analyse de cette politique, ses ambitions, ses actions et son évolution afin d'exposer les objectifs à long terme et les progrès réalisés. L'analyse des rapports de la commission, a aussi permis de nous sensibiliser aux obstacles du cabotage à niveau communautaire.

### **2.5.1 Le cadre réglementaire**

Le transport maritime de cabotage est devenu un sujet d'intérêt pour la communauté européenne et ses membres à partir de 1986, date à laquelle fut publié par le Conseil le règlement (CEE) n° 4055/86. Il proclame le principe de la libre prestation des services aux transports maritimes entre Etats membres et entre Etats membres et pays tiers. Le principe de libre prestation de services de cabotage maritime est applicable dans la communauté depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1993. Le règlement (CEE) n° 3577/92 du Conseil supprime les obstacles juridiques à l'instauration d'une concurrence dans le domaine de services de transport maritime au sein de l'EEE. Les dérogations provisoires prévues par le règlement

ne sont plus valables, à l'exception d'une dérogation temporaire concernant spécifiquement certains services de cabotage avec les îles accordée à la Grèce jusqu'au Janvier 2004 (COM(1999)317 final).

### **2.5.2 Le début de la politique de promotion du cabotage**

Pour le transport maritime en général et depuis 1992 en particulier pour le transport de cabotage, de multiples projets de politiques communautaires sont apparus dans les « Livres verts ». Le Livre Blanc des transports a mis en évidence que les Pyrénées risquaient de devenir, à court terme, un goulet d'étranglement dans l'organisation des transports européens en provenance ou à destination de la péninsule ibérique, alors que la relance du cabotage doit passer par la création des autoroutes de la mer dans le cadre du schéma du réseau transeuropéen (RTE) conçu en 1995 et dans lequel les liaisons maritimes doivent servir de contournements aux goulets d'étranglement en rejoignant d'autres segments du RTE. La croissance du trafic routier transpyrénéen, entre l'Espagne et la France, est plus rapide que celle du trafic transalpin, entre l'Italie et la France, lequel s'approche aussi progressivement des conditions de saturation. Selon l'enquête « Transit de 1999 », 4,6 millions de poids lourds ont franchi les Pyrénées par ses deux extrémités Le Perthus et Biarritz. Bien que du côté atlantique le trafic routier représente 41% du fret en tonnage et le cabotage 56%, les prévisions d'une augmentation du trafic de 50% minimum en 10 ans, c'est-à-dire à l'horizon 2010 alors que le transport routier absorberait 80% de cette croissance, sont un sujet de préoccupation pour trouver une alternative à la croissance démesurée du trafic routier. Du côté méditerranéen la route l'emporté déjà sur le cabotage pour le transport de fret.

En ce qui concerne le transport maritime de cabotage en particulier, l'Union européenne a toujours été favorable à l'idée de la redistribution modale et au développement du cabotage. Comme nous allons le voir par la suite, des efforts ont été réalisés dans ce but par l'Union, mais la portée des actions de la commission chargée du développement du cabotage est limitée par le pouvoir effectif de l'Union sur les politiques nationales, par la lenteur inhérente à l'intégration européenne ainsi que par les différences d'infrastructure, équipement et mode de fonctionnement des activités de transport entre pays européens. C'est pourquoi, bien que les efforts de l'Union européenne pour

encourager le cabotage aient déjà donné quelques résultats, il existe une importante disproportion entre les projets annoncés et les résultats obtenus.

Les politiques communautaires des transports maritimes ont débuté en 1985 avec la publication « Vers une politique commune des transports maritimes » qui exprime principalement une volonté de libéraliser les différents modes de transport en Europe par le biais d'une politique de libre accès aux marchés. Dans cette publication sont apparus quatre règlements, lesquels furent adoptés par le conseil des ministres du transport CEMT en 1986. En 1989 un projet politique intégré est apparu dans la publication « Un avenir pour les transports maritimes de la communauté [COM(89)266] : une fois réalisé le marché unique, la préoccupation principale concernant les transports était celle de « mobilité durable » de biens et des personnes. En 1992, dans le « Livre blanc » de la commission européenne intitulé « Le développement futur de la politique commune des transports – Construction d'un cadre communautaire garant d'un développement durable » [COM(92)494], des ambitions multiples ont été annoncées dans le cadre environnemental, social et économique. Les ambitions se traduisent par l'intention de rétablir une meilleure répartition modale ainsi qu'une interconnexion majeure et une meilleure interopérabilité des différents réseaux de transport. La commission a décidé de favoriser le transfert du mode routier vers le mode maritime en vue d'optimiser un système de transport plus respectueux de l'environnement et de résoudre les problèmes d'engorgement actuels et futurs de la route.

Entre 1991 et 1996, la Commission européenne a défini les éléments d'une politique sectorielle des transports maritimes. En 1991 la publication de « Les nouveaux défis pour les industries maritimes » qui souligne l'importance de la coordination entre acteurs des activités maritimes pour l'efficacité du secteur, la commission a créé le Forum des industries maritimes (FIM) qui a pour objet de réunir les principaux acteurs de l'activité de transport maritime comme : armateurs, chargeurs, opérateurs portuaires, constructeurs maritimes etc. afin de discuter les problèmes du secteur et trouver des actions souhaitables visant à améliorer l'efficacité d'ensemble d'activités maritimes. Délégué par le FIM, un groupe nommé « Transports maritimes à courte distance » a élaboré diverses recommandations sur des actions à prendre pour favoriser le développement du cabotage en Europe. Les issues des travaux du FIM ont permis d'améliorer de façon importante la connaissance de la réalité des activités maritimes de cabotage ainsi que l'identification

d'obstacles qui empêchent son développement, mais l'application concertée d'actions d'amélioration et la mise en œuvre de nouvelles propositions, restent les principaux problèmes.

Une autre action du groupe « Transports maritimes à courte distance » a été la formation de bureaux de promotion permanente et de tables rondes portuaires qui réunissent les acteurs afin d'améliorer la concertation entre professionnels et pouvoirs publics en vue de la mise en place des opérations de transport, impliquant davantage ou plus intensément le mode maritime. Une autre initiative plus directe, était la mise en place dans les administrations nationales de « personnes contact » chargées de promouvoir les intérêts du cabotage au niveau des administrations des différents pays par le biais de l'information et de la coordination. Grâce aux travaux du FIM la Commission européenne a publié en 1995 la communication « Le transport maritime à courte distance : perspectives et défis » (COM595)317) dans laquelle apparaît une liste des obstacles au développement du cabotage et un programme d'action est proposé.

Dans cette communication sont aussi identifiés « huit corridors » avec des possibilités importantes de transfert de la route vers la mer. L'étude analyse la position concurrentielle du transport maritime à courte distance par rapport à ses concurrents, le transport routier et le chemin de fer, en considérant le transport fluvial comme cabotage. Ensuite nous montrerons les résultats de cette première étude commanditée par l'Union Européenne en 1995, pour connaître la situation du cabotage après avoir trouvé un accord et institué le développement du cabotage comme une politique communautaire. Cette première approche du cabotage en Europe, montre le stade original de l'activité et nous permettra d'avoir une idée des progrès réalisés en matière de promotion du cabotage pendant les dix dernières années.

### **2.5.3 L'étude des corridors de cabotage de la « Commission de Communautés Européennes » en 1995 : un premier pas**

La méthode de l'étude était une identification a priori de certains corridors qui, selon les experts, sont susceptibles de développer des lignes de cabotage, et ils ont accordé de la même façon une priorité à huit grands corridors d'échanges intra communautaires. Ensuite ils ont tenté de déterminer pour chacun d'eux, la nature et le volume des marchandises qui

pouvaient être transférées du chemin de fer ou de la route vers le cabotage. L'étude s'est fondée sur les données statistiques disponibles. Concernant le transport fluvial, le potentiel a été examiné de manière très général et sur des axes spécifiques (principalement le Bénélux). L'étude a été divisée en deux volets, le premier, une analyse de la compétitivité du cabotage parmi les modes terrestres de transport et le second a été une analyse quantitative et qualitative des marchandises qui transitent sur les grands axes européens. Comme résultat de l'étude se sont dégagées les conclusions suivantes :

- a) *il est possible de transférer le trafic du train ou de la route vers le transport maritime à courte distance, mais il faut pour cela que ce mode de transport fonctionne de façon plus efficace et s'intègre dans les chaînes multimodales de transport.*
- b) *Le volume de trafic transférable justifie la réalisation d'investissements importants dans le transport maritime à courte distance au cours des quelques prochaines années*
- c) *Le volume de trafic transférable est tel, qu'une fois effectué, le transfert pourrait réduire considérablement la croissance du trafic terrestre empruntant les corridors encombrés*
- d) *Le transport maritime à courte distance pourrait, en étendant son aire de desserte à certains ports fluviaux, assurer efficacement de nouveaux services de transport entre divers grands centres industriels européens*

Les huit axes identifiés avec fort potentiel de transfert de marchandises transportées de la route et du chemin de fer vers le cabotage sont :

1. Espagne - Royaume Uni
2. Portugal - Royaume Uni
3. Espagne/Portugal - Allemagne
4. Italie/Grèce - Royaume Uni/Irlande
5. Italie - Pays riverains du Danube
6. Bénélux/Allemagne - Pays Scandinaves
7. Bénélux/Allemagne - Royaume Uni/Irlande
8. Bénélux/Allemagne - Mer Noire

Cette étude sur le développement potentiel du cabotage, est sans doute la plus ambitieuse, du point de vue géographique, réalisée jusqu'à nos jours. L'étude est basée sur une vision paneuropéenne du marché de transport, de données statistiques sur les échanges (tonnage et valeur) et comme il est souligné souvent dans le rapport, sur l'expérience des experts. Mais les critères de transfert ne sont pas mentionnés et les huit grands axes nous semblent aujourd'hui très vagues et sans aucune précision. Nous pouvons voir que dans les cas des corridors 1, 2, 4, 6 et 7 dont le Royaume Uni, l'Irlande et les Pays Scandinaves sont parties intégrantes des axes, les liaisons maritimes de cabotage sont évidemment nécessaires, mais dans ces cas l'analyse qualitative des faiblesses du cabotage est sans doute le principal apport de cette étude. Dans le cas des axes 3, 5 et 8, la question du transfert de la route vers le cabotage est plus complexe et de notre point de vue, cette étude est restée un peu limitée en considérant les facteurs pris en compte (uniquement des grands chiffres macroéconomiques sur les échanges).

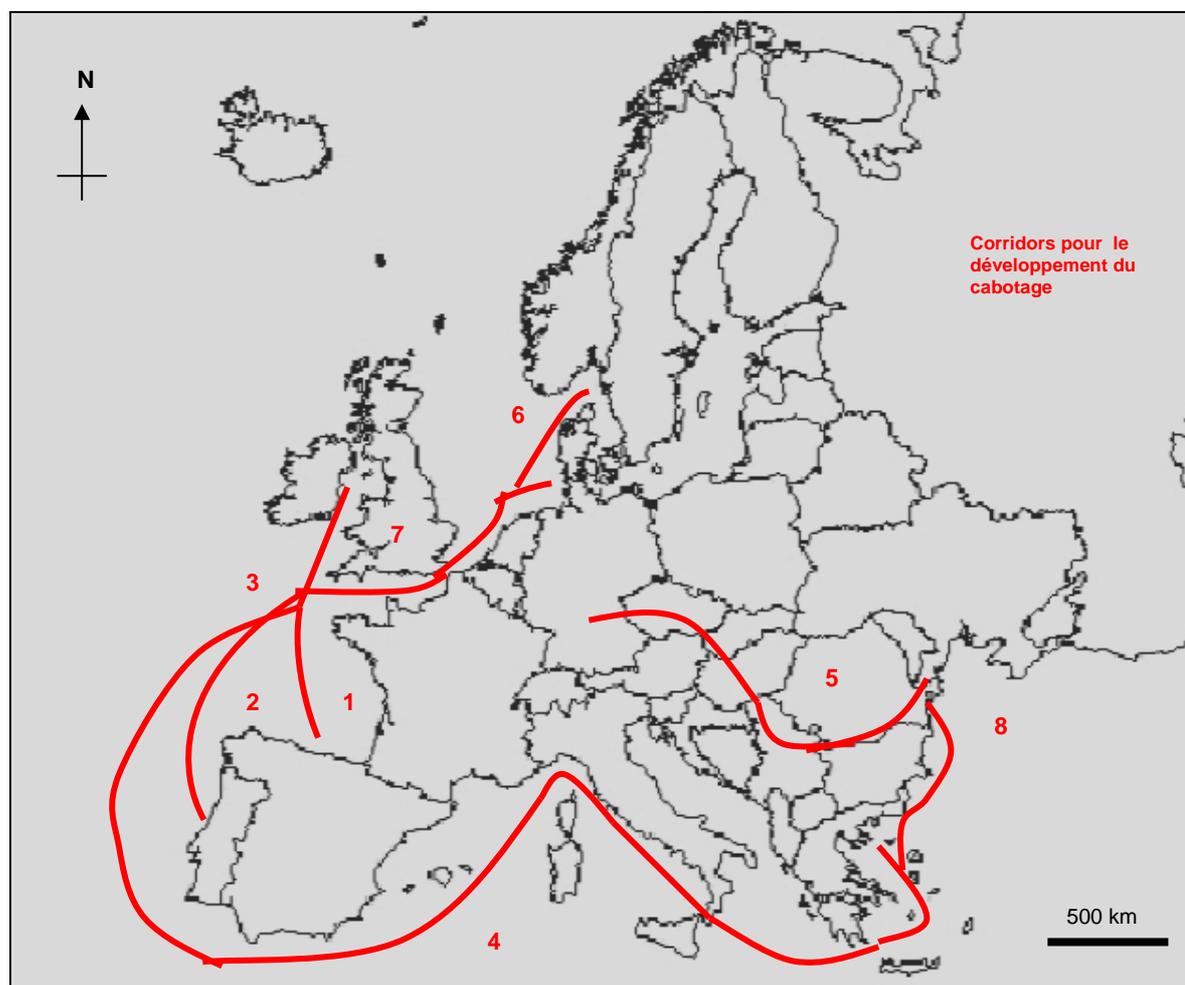
C'est pourquoi l'étude a ébauché des grands axes sans aucune spécificité quantitative ou qualitative sur les liaisons de cabotage potentielles à l'intérieur de l'axe. Ainsi si l'on considère l'extension géographique des axes : Espagne/Portugal - Allemagne, Italie - Pays riverains du Danube et Bénèlux/Allemagne - Mer Noire ; il est évident que les résultats et conclusions de l'étude ne peuvent être que très généraux. Néanmoins, l'étude a été une première approche de grande utilité car les politiques européennes sur le cabotage et la partie « cabotage » dans le livre vert sur le transport maritime édité ultérieurement, ont été dérivé de cette étude.

**Fig.20 Part de marché de transport terrestre de fret transférable vers le cabotage en volume selon l'étude commandée pour la CCE en 1995**

Corridor de cabotage proposé	Part de marché en volume du cabotage [%]	Part de marché en volume de la route [%]	Part de marché en volume du chemin de fer [%]	Volume [M tonnes]	Part de marché transférable au cabotage en volume [%]	Observations
1. Espagne - Royaume Uni	81	17	2	9,3	38 - 40	Le volume de fret transférable est fonction de l'impact du tunnel sous la Manche
2. Portugal - Royaume Uni	93	6,5	0,5	3,2	3	Volume difficilement transférable
3. Espagne/Portugal - Allemagne	23,5	68	8,5	10,3	20	Le cabotage peut absorber les 20 % de volume à condition d'être concurrentiel pour le transport de marchandises de haute valeur
4. Italie/Grèce - Royaume Uni/Irlande	Inexistence de données	Inexistence de données	Inexistence de données	0,382	-	La ligne maritime est longue et passe par Gibraltar avec un temps de voyage direct de 6 jours
5. Italie - Pays riverains du Danube	31	42	27	23,3	6	Le développement du trafic fluvio-maritime sur le Danube et l'alourdissement éventuel de contraintes imposées par l'Autriche et la Suisse au transport par route pourraient faire croître le volume de fret transférable à court terme
6. Bénèlux/Allemagne - Pays Scandinaves	70	30	0	175	7	La partie de 7 % est transférable à condition de réduire le coût du cabotage en l'intégrant de façon efficace dans une chaîne de transport intermodal
7. Bénèlux/Allemagne - Royaume Uni/Irlande	100	0	0	-	-	
8. Bénèlux/Allemagne - Mer Noire	56	18	26	8,9		Transfert non estimé. Les obstacles identifiés sont: 1) long délai de transport du à la navigation en amont (Danube). 2) Plusieurs ports sur la mer noire sont mal équipés pour traiter de conteneurs

H. Martell, 2005, Tableau élaboré à partir des conclusions du rapport : Le transport maritime à courte distance, perspectives et défis COM(95) 317 final, Commission des Communautés Européennes  
Etude originale : Policy Research Corporation N.V. et Institut Français de la Mer

## Carte 2. Les huit corridors pour le développement du cabotage en Europe selon l'étude commandée par la CCE en 1995



H. Martell, 2005, carte élaborée à partir du rapport : Le transport maritime à courte distance, perspectives et défis COM(95) 317 final, Commission des Communautés Européennes

Il est intéressant de remarquer que la mer Baltique n'a pas été considéré comme un corridor, peut être, à cause de la composition de l'Union européenne en 1995 qui ne compte ni les Etats de la Baltique ni la Pologne comme membres. D'autre part, la liaison « Italie - France - Espagne » ni la liaison « Portugal - Italie » qui nous semblent intéressantes n'ont pas été considérées comme corridors.

Après la définition des grands axes de la politique de cabotage, la commission a présenté un rapport d'avancement en 1997 SEC(97)877 et un rapport en 1999 intitulé : « Le développement du transport maritime à courte distance en Europe » COM(1999)317. Dans ces dernières, les corridors de développement du cabotage restent les mêmes ainsi

que les grands obstacles définis en 1995. Selon les résultats des rapports, la situation en ce qui concerne le transfert de fret de la route vers le cabotage ne semble pas s'améliorer. Le rapport de 1999 insiste principalement sur le besoin d'une meilleure intégration du cabotage dans la chaîne multimodale et sur la facilitation de formalités administratives et douanières dans les ports.

En 2003 la commission a présenté un programme de 14 actions pour supprimer les entraves au développement du cabotage COM(2003)155. Le dernier rapport de 2004, « Communication de la commission au conseil, au parlement européen sur le transport maritime à courte distance » SEC(2004)875, annonce comme un des principaux résultats que entre 1995 et 2002, l'activité du transport maritime et de transport routier mesurée en nombre de tonnes -kilomètres a crû de 25%, et que en 2001 le cabotage a représenté 40% du trafic total en Europe tandis que le transport routier représentait les 45% du total. Cependant, le rapport reconnaît que le transfert de fret de la route vers le cabotage est loin d'atteindre les objectifs de la commission. Nous citons : «La promotion du transport maritime à courte distance ayant pour objectif premier un transfert modal pour le transport de marchandises, et les effets sur le désengorgement de la circulation routière sont minimales par rapport aux attentes ». Comme conclusion, le rapport indique que les principaux obstacles au cabotage sont :

- Il n'est pas pleinement intégré dans la chaîne d'approvisionnement de porte à porte ;
- Il ne s'est pas encore complètement débarrassé de son ancienne image d'un mode de transport désuet ;
- Il est soumis à des procédures administratives complexes ;
- Il requiert un degré élevé d'efficacité des ports.

Après l'analyse des différents rapports de la commission pour le développement du transport maritime de courte distance, entre 1995 et 2004, nous pouvons constater que les problèmes structurels du mode restent pratiquement les mêmes car les recommandations des différents rapports sont essentiellement les mêmes qu'en 1995 et que malgré la volonté politique et les actions engagées jusque aujourd'hui, la situation du cabotage ne semble pas s'améliorer. Dans le chapitre 3 nous analyserons avec plus de profondeur les problèmes structurels du cabotage sur la base des données des lignes de cabotage en

service et nous définissons le « cercle vicieux » du cabotage que, de notre point de vue, faudrait casser pour réussir le tant attendue transfert modal.

Dans ce chapitre, nous poursuivrons l'analyse des actions de la commission européenne pour le développement du cabotage, en mettant l'accent sur ce qui nous semble des incongruités entre la politique du développement du cabotage et l'ensemble des actions et des financements pour le développement des autres modes de transport (2.7)

#### **2.5.4 L'action communautaire pour le développement du cabotage**

Après la mise en place de la réglementation et les premières études sur l'activité de cabotage au niveau européen, la commission européenne (CE) a publié en 1999 un rapport d'activités sur ses activités de promotion du cabotage et les résultats des études engagées depuis 1995 pour décrire l'évolution du cabotage, communiquer les actions déjà entreprises et définir les actions à entreprendre (COM(1999) 317 final). Les conclusions des études concernées par le rapport, ont motivé les recommandations suivantes de la commission :

- a) *Rendre le transport maritime plus écologique et plus sûr, donc plus durable, afin que les entreprises introduisent ces atouts comme critères de choix dans leurs stratégies commerciales.*
- b) *Travailler activement à l'intégration du transport maritime à courte distance dans la chaîne de transport intermodale.*
- c) *Combiner les différents modes et intervenants dans la gestion logistique des chaînes d'approvisionnement pour offrir des services porte-à-porte complets avec guichet unique.*
- d) *Combiner le transport maritime à courte distance avec, en priorité, des modes plus écologiques dans la chaîne de transport intermodal.*
- e) *Faire la publicité du transport maritime à courte distance et des services qu'il peut offrir en faisant participer aux tables rondes les chargés de liaison dans les états membres.*
- f) *Les acteurs portuaires devraient notamment envisager la construction des terminaux conçus spécialement pour le transport maritime à courte distance et la prestation de services adaptés à cette activité.*
- g) *Accroître la productivité des ports.*

- h) *Créer un cadre pour inventorier les meilleures pratiques portuaires et diffuser les informations recueillies aux acteurs portuaires et à leurs clients.*
- i) *Reconsidérer l'obligation imposée dans certains ports de recourir systématiquement aux services d'un pilote.*
- j) *Créer un réseau pour la diffusion d'informations et un organe de coopération communautaire.*
- k) *Poursuivre le calcul des coûts d'infrastructure et étudier le concept de couverture des coûts.*
- l) *Envisager l'adoption de formulaires identiques dans les Etats membres pour les départs et arrivées des navires sur le modèle des formulaires prévus par la convention FAL de l'OMI.*
- m) *Etudier la possibilité que les représentants d'une seule autorité montent à bord des navires ou que certaines tâches soient confiées aux autorités portuaires ou à l'agent maritime.*
- n) *Faire en sorte que les opérations de déchargement des navires puissent commencer dès la mise à quai sans procédures préalables de présentation du navire.*
- o) *Encourager l'utilisation de l'EDI dans le transport maritime de courte distance.*
- p) *Simplifier ou supprimer la procédure obligatoire de rapport pour les navires fluviomaritimes qui ne font qu'emprunter un cours d'eau.*

Pendant la période de 1995 à 1998, quelques projets pour la promotion du transport maritime ont été soutenus par la commission européenne dans le cadre d'actions pilotes en faveur du transport combiné (PACT). Sur ces projets (Fig.21), les projets 1 et 2 portent plutôt sur des innovations technologiques susceptibles de faciliter la gestion de wagons et de conteneurs pour assouplir le transfert modal Rail – Mer, on trouve donc un premier effort pour faciliter la connexion mer – terre et économiser du temps, une des principales exigences des chargeurs (2.3.1).

Le projet 3 nous semble particulièrement intéressant, « Service combiné fluviomaritime dans le port de Dunkerque », car il a dépassé l'ambition initiale de transfert de trafic routier vers le cabotage. De notre point de vue, la combinaison modale avec le transport fluvial a été à l'origine de la réussite du projet, car la liaison de récollection « Dunkerque – Anvers – Rotterdam – Felixtowe - LeHavre » existait préalablement, c'est donc la facilité du trafic de marchandises par la voie d'eau, et les économies réalisées, qui ont réussi le transfert du trafic routier. Bien entendu, sans

l'existence de la ligne de récollection, le projet n'aurait pas été possible. Il est un bel exemple de réussite d'interconnexion intermodale. Pour renforcer cet argument, nous pouvons constater que le projet 5, « Service de transport maritime intermodal entre La Rochelle, Le Havre et Rotterdam » qui assure un itinéraire semblable, n'a pas réussi le transfert de fret routier attendu.

Le projet 4, « Service de transport intermodal entre le Pays-Bas et la Russie » est aussi très intéressant, mais on pourrait penser que la réussite a été plutôt assurée par la difficulté de transport routier riverain de la Baltique, tant que par les causes politiques que par l'état des infrastructures routiers des pays de l'Est. Mais, il nous semble que, indépendamment du facteur géographique en faveur du cabotage, la notion de service porte-à-porte avec l'utilisation de navires rouliers est une de principales causes du succès de la ligne. Dans les projets 6 et 7, l'idée d'intermodalité avec le rail est sans doute intéressant, mais nous ne disposons des informations sur leurs résultats et en conséquence, nous ne pouvons pas les analyser par le moment. Dans le (chapitre 4), nous reviendrons sur les cas de projets 3, 4 et 5 qui sont directement liés au choix modal.

**Fig.21 Projets de promotion du cabotage soutenus par la CE pendant la période 1995-1998**

Projets de promotion du cabotage soutenus par la CE 1995 - 1998	Description du projet	Actions réalisées et résultats
1. Exploitation d'un terminal dans le port maritime de Turku	Améliorer les installations du terminal multimodal du port de Turku, Finlande, pour l'exploitation par "SeaRail" d'un service de transport par chemin de fer et par transbordeur entre Turku et Stockholm	Création d'un nouveau système informatique de gestion de marchandises sur le terminal et de gestion du parc de wagons
2. Remorque adaptée à la manutention sur terminal	Projet des autorités du port de Trelleborg et des opérateurs du transport de Suède, d'Allemagne et d'Italie. Son objectif est d'accroître la part de marché du transport intermodal pour les trajets au départ de la Norvège et de la Suède vers l'Italie par transbordeur entre Trelleborg et Rostock en utilisant en utilisant de nouveaux remorques qui améliorent la manutention des caisses mobiles et des conteneurs sur terminal.	Les ports de Trelleborg, Rostock et Lübeck font fonction de centres de transbordement pour un service de transport Rail/Mer
3. Service combiné fluviomaritime dans le port de Dunkerque	Développement d'un nouveau service de transport combiné fluviomaritime. Les marchandises sont transportées par barges de Lille à Dunkerque puis par navire de collecte sur le trajet Dunkerque-Anvers-Rotterdam-Felixtowe-LeHavre	Le projet a dépassé son objectif de report de trafic du routier vers le maritime, qui était fixé à 10000 EVP par an
4. Service de transport intermodal entre les Pays-Bas et la Russie	Lancement d'un service de transport porte-à-porte par transbordeurs rouliers entre Moerdijk, Pays-Bas et St. Petersburg, Russie, avec deux départs par semaine	Utilisation des caisses mobiles gerbables de 13,6 m. Le résultat est un gain de deux à trois jours sur la durée du voyage par rapport au transport routier, une baisse de coûts et un renforcement de la sécurité de la marchandise
5. Service de transport maritime intermodal entre La Rochelle, Le Havre et Rotterdam	Lancement d'un service de transport par "European Feeder Lines" pour capter le volume potentiel de fret entre la Rochelle-Le Havre-Anvers-Rotterdam	L'objectif de 10000 EVP par an, n'a pas été tout fait atteint
6. Service de transport intermodal entre l'Irlande et la France avec liaison ferroviaire vers l'Italie	Transport de conteneurs, de caisses mobiles et de semi-remorques entre l'Irlande et l'Italie. P&O transcontinental a mis en place une liaison de navettes ferroviaires entre Cherbourg et Novara et un service maritime reliant Rosslare ou Dublin à Cherbourg	Création d'une chaîne de transport intermodal intégrée et la fourniture aux clients des données en temps réel sur la position de marchandises
7. Service intermodal de transport maritime à courte distance reliant l'Italie, la France, l'Irlande et le Danemark	Service de transport de cabotage reliant l'Italie, la France, l'Irlande et le Danemark	Service assuré avec des navires rouliers rapides

H. Martell, 2005, Tableaux élaboré à partir des conclusions du rapport : Le développement du transport maritime à courte distance en Europe : une alternative dynamique dans une chaîne de transport durable COM(99) 317 final, Commission des Communautés Européennes

D'après les résultats des projets analysés, il apparaît que la réussite des projets est liée principalement à l'efficacité de la connexion « mer- terre » et à la rapidité de la totalité de la chaîne de transport. La commission a soutenu aussi des projets de faisabilité de manière importante.

L'étude de 1995, a également mis en évidence quelques causes structurelles d'inefficacité du cabotage en Europe, L'étude de 1999, que nous venons de citer, parle des mêmes freins au développement du cabotage. Bien que de caractère général, les causes identifiées sont des obstacles au transport de cabotage jusqu'à ce jour. Certes, ces obstacles ont diminué un peu partout en Europe, de façon différenciée. Il nous semble intéressant de résumer les causes identifiées pour se faire une meilleure idée de la situation du cabotage, à la date de cette première étude. Plus tard nous nous en servirons afin de les comparer avec notre point de vue sur les causes des phénomènes qui freinent aujourd'hui le développement du cabotage, et analyser leur évolution.

## **2.6 Causes structurelles d'inefficacité du transport maritime de cabotage**

*Le manque d'intégration* aux autres modes de transport terrestre a été identifié comme un problème crucial pour le développement du cabotage parce que les chargeurs fortement attirés par la stratégie des « flux tendus », sont de plus en plus souvent en quête de coopération entre modes de transport par mer, chemin de fer et route, bien entendu, la combinaison modale permet des économies de temps ; la stratégie des « flux tendus » est basée sur la diminution des niveaux de stockage pour réduire leur coût, mais la baisse de niveaux de stockage requiert en même temps des livraisons régulières, fréquentes et sûres avec des horaires souples. Déjà en 1995, quand le transport routier n'était pas aussi performant qu'actuellement, le rapport fait la remarque suivante : « Ces niveaux de performances, actuellement perçus comme difficilement accessibles au transport maritime à courte distance, revêtent souvent autant d'importance pour les chargeurs que les niveaux de coûts ». Cela renforce notre analyse sur *les critères de choix modal des chargeurs* (2.3). D'autre part, cette remarque nous permet de présumer que la performance du mode de transport routier était en 1995, déjà considérée comme bien supérieure à celle du cabotage. La réputation du cabotage, c'est-à-dire, sa performance comparative dans l'optique des chargeurs, doit être encore plus dépréciée de nos jours à cause des

améliorations du réseau routier pendant les dix dernières années et tous les avantages d'infrastructure, d'organisation et de déréglementation dont il a profité.

Concernant le manque d'intégration du cabotage, l'étude a détecté de manière générale et sans précision géographique, certaines causes que nous citons ensuite : « Le transport maritime à courte distance n'a jusqu'ici pas réussi à bien s'intégrer dans la chaîne multimodale. Les coûts de transbordement représentent souvent, surtout dans le cas où le transport maritime est relativement court, une part excessivement élevée des coûts totaux. Par ailleurs, il reste encore au transport maritime à courte distance, s'il est fait abstraction de certains services porte-à-porte ou de groupage de conteneurs, à améliorer de façon significative la ponctualité, la fiabilité et la disponibilité de ses services. Ce mode de transport n'est de ce fait toujours pas un partenaire privilégié dans l'organisation des chaînes de transport multimodal. Le manque de diffusion des systèmes EDI (échange de données informatisées), qui facilitent considérablement les flux de marchandises et relèvent les niveaux d'efficacité, de fiabilité et de sécurité maritime, fait également obstacle à l'intégration, de même que l'utilisation de charges unitaires différentes selon les modes de transport».

De nos jours l'utilisation des systèmes EDI est courante, pratiquement dans tous les ports européens. La facilité des échanges d'information sur la marchandise ainsi que la diminution des inspections et des vérifications des douanes, ont réduit les temps de formalités et en conséquence le temps d'attente des navires dans les ports. Cette réduction d'attente est un point en faveur du cabotage actuel mais le temps moyen où la marchandise reste sur le port, c'est-à-dire le temps de liaison entre le transport terrestre et maritime est de 48h dans le cas du port de Rotterdam, selon une estimation de l'autorité portuaire. Donc, on peut dire que le problème de manque d'intégration du cabotage aux chaînes multimodales de transport est encore présent. Bien que l'échange des données ait réduit les temps d'attente des navires dans les ports et même si aujourd'hui les navires passent au maximum un jour dans le même port, la marchandise continue à subir des délais considérables dans les ports. Ainsi nous pensons que la solution au problème de l'intégration doit être aussi recherchée dans les ports et dans l'amélioration technique des transbordements, voire même, dans le mode de fonctionnement portuaire pour les opérations de charge, de décharge et de transbordement de marchandises. Sur ce point, nous ferons des propositions ultérieures.

Le manque de régularité des services pose au transport de cabotage un problème difficile à surmonter et il semble qu'il ne se soit en rien amélioré depuis 1995. Hors certaines lignes de cabotage pour des produits spécifiques par exemple la ligne Vigo – Le Havre pour le transport de voitures « Renault », les lignes pour les marchandises en général (non vrac) ont beaucoup de mal à maintenir une régularité à cause de l'incertitude de pouvoir « remplir les cales ». Ce manque de régularité, ou dans le meilleur des cas, *incertitude sur la régularité*, provoque la méfiance des chargeurs (même si les services en général sont de qualité) et entraîne ainsi un cercle vicieux néfaste au détriment du cabotage. Le rapport final de 1995 en témoigne, nous citons : « La saisonnalité de certains courants de trafic est un autre frein au développement de services réguliers du transport maritime à courte distance. Les déséquilibres de trafic peuvent affecter tous les modes de transport, mais le transport maritime à courte distance peut moins facilement s'y adapter que le transport routier parce qu'il n'a pas la souplesse voulue pour pouvoir trouver le fret supplémentaire nécessaire et remplir la cale inutilisée. Il serait possible d'améliorer jusqu'à un certain point la régularité et la souplesse des services de transport maritime à courte distance si leurs exploitants s'unissaient en coopérative pour vendre des services communs et coordonner leurs horaires. Ils se donneraient ainsi les moyens de mieux adapter leurs horaires et leurs fréquences de desserte aux fluctuations de la demande. »

La faible performance des navires employés dans le transport du cabotage est un autre facteur qui limite les possibilités de compétitivité du mode, par rapport à ses concurrents terrestres, principalement le transport routier. Plus tard, nous reviendrons sur notre vision des désavantages provoqués actuellement par le véhicule (navire de cabotage) et les solutions que nous envisageons. Maintenant, analysons ce qui était détecté comme problèmes inhérents au véhicule selon le rapport de 1995, afin de savoir quelle en a été l'évolution jusqu'à présent, afin d'étayer ultérieurement notre point de vue sur le « navire de cabotage », nous citons : « Le transport maritime à courte distance est depuis toujours également handicapé par sa lenteur dans la concurrence qui l'oppose aux autres modes de transport, et en particulier à la route, dans les grands corridors d'échanges européens. Cette lenteur se traduit par un allongement relatif des temps de transport ou des délais de livraison, délais sur lesquels pèse également la durée des transbordements effectués dans les ports. Il est fréquent aussi que les progrès technologiques ne soient pas aussi rapides dans la construction navale que dans les autres modes de transport. La lenteur qui en

résulte est aggravée par les déficiences portuaires. L'avantage offert par la route est d'autant plus grand que la distance à parcourir est courte. Sur les grandes distances, l'utilisation de technologies avancées dans la construction navale peut contribuer à faire pencher la balance de la répartition modale, en faveur du transport maritime à courte distance. »

*Les contraintes de prix* ont été également repérées comme un obstacle au développement du cabotage. Cet obstacle est a priori étonnant compte tenu que le prix moyen du transport du cabotage est le plus économique (Fig.18). Mais il ne s'agit pas du coût de transport du cabotage lui-même, il s'agit d'une estimation non précise des coûts totaux de transport y compris les frais dus pour les droits portuaires et la manutention de la marchandise. Le texte du rapport est le suivant : « Eu égard aux handicaps qu'il présente en termes d'intégration, de régularité, de vitesse et d'image, le transport maritime à courte distance doit, d'après certains calculs, coûter 35 % moins cher que les autres modes pour pouvoir soutenir leur concurrence. Il semble structurellement malaisé au transport maritime à courte distance de ramener ses prix à ce niveau où ils deviennent compétitifs. Une telle politique tarifaire requiert des taux de chargement élevés, synonymes de réduction des coûts unitaires, mais le fret récoltable à proximité d'un port ne suffit souvent pas pour justifier les fréquences de desserte élevées sans lesquelles le transport maritime à courte distance ne peut devenir attractif pour les chargeurs. »

Actuellement, l'Union européenne essaie d'atteindre une meilleure transparence et homogénéisation des prix des services portuaires dans l'Union, mais l'argument de la libre concurrence intra portuaire et les différents modes de fonctionnement des ports en Europe, les uns plus libéraux que les autres (2.4), rendent difficile cette harmonisation des prix des services portuaires. D'autre part, il existe des grandes différences dues aux acteurs portuaires comme : les administrations portuaires, les entreprises manutentionnaires, les syndicats de dockers et les syndicats de pilotes, d'un port à un autre. Dans les différents ports, les acteurs peuvent plus ou moins avoir un pouvoir de décision et donc d'ingérence sur les prix des services portuaires. *La variabilité et complexité dans la définition des prix de services portuaires est un des problèmes de fond du cabotage maritime* si l'on considère que les coûts portuaires peuvent représenter jusqu'à 35% du coût total de transport par cabotage.

Les barrières administratives ont été reconnues aussi comme un obstacle au développement du cabotage. Le rapport met en évidence que la complexité des documents à fournir et des formalités administratives à accomplir dans les ports et en particulier les procédures douanières concernant la cargaison et les navires, retardent ainsi les délais de livraison. D'autre part, la différence entre les procédures des pays complique davantage les formalités, et à l'intérieur même de pays membres, les accords se heurtent à des contradictions non prévues. A ce sujet nous citons une partie du texte du rapport : « En dépit des simplifications qui leur ont été apportées le 1<sup>er</sup> janvier 1993, les procédures de transit restent source de difficultés dans le transport maritime. Le nouveau régime de transit communautaire prévoit que, sauf preuve du contraire, les marchandises transportées à l'intérieur de l'Union sont censées y être en libre passage entre pays. Les marchandises transportées par voie maritime sont exclues du bénéfice de ce postulat si le navire qui les transporte a fait escale dans un port extérieur à l'Union (ou un port franc à l'intérieur de l'Union), pour y charger ou décharger des marchandises. Cette restriction prive en quelque sorte certaines marchandises transportées par voie maritime sur courte distance, du bénéfice du nouveau régime. Il convient cependant de souligner qu'en raison de la nature même du transport maritime, les navires quittent souvent les eaux territoriales de la communauté pour faire escale dans des ports de pays tiers. Dans ce cas, il est indispensable de prouver le statut de marchandises communautaires au moment où elles arrivent dans leur port communautaire de débarquement. »

Ce type de contrôles douaniers, a sans doute provoqué des retards énormes dans les livraisons, qui combinés avec la lenteur du cabotage de récolte et les différents temps de manutention dans les ports, ont contribué à la mauvaise réputation du cabotage auprès des chargeurs. Cette réputation de lenteur du mode auprès des chargeurs a sans doute empiré au fil des dix années écoulées à cause des réductions de temps du transport routier qui se sont opérées grâce à l'augmentation des connexions du réseau routier et à son élargissement en couverture et capacité. Le rapport a noté le difficile problème posé par le manque de données ainsi que la faible fiabilité et compatibilité des données existantes des transports de marchandises en général et pour les transports intra européens par mer, en particulier. Nous citons une partie du texte concernant ce problème : « Ces problèmes d'ordre statistique compliquent la réalisation des études de marché et des recherches nécessaires au développement des lignes existantes de transport maritime à courte distance ou la création de lignes nouvelles et dissuadent de ce fait les opérateurs privés de

rechercher de nouveaux marchés. Ils entravent également l'élaboration des orientations politiques parce que la planification en devient difficile pour les pouvoirs publics. » Actuellement, le problème de données homogènes a diminué et des organismes comme Eurostat, la CEMT et la OCDE sont chaque fois plus exigeants auprès des pays membres pour l'homogénéisation des statistiques et sur les méthodes pour les recueillir, mais il faut encore des efforts car les données sont souvent très agrégées et la précision de prélèvement des données est variable selon les pays qui fournissent ces données aux organismes mentionnés.

Le problème d'image est un facteur identifié aussi comme un obstacle au développement du cabotage et c'est un des problèmes dont nous avons parlé en (2.3) comme un des facteurs de mauvaise réputation du cabotage. Nous considérons que ce facteur de mauvaise réputation est un des freins principaux du développement actuel du cabotage et nous reviendrons sur ce point plus loin quand nous analyserons la situation actuelle du mode. Pour le moment, nous citons une partie du texte du rapport concernant l'image, qui nous permettra par la suite, d'apprécier de façon qualitative l'évolution à ce sujet pendant les dernières années. «Certains milieux de la profession estiment que les problèmes d'image du transport maritime à courte distance peuvent, bien davantage que ses diverses faiblesses techniques, constituer le principal obstacle à son développement. Ils ont souvent trouvé les responsables du département « transport » des grandes entreprises, réticents à l'idée de recourir au transport maritime à courte distance, même lorsqu'il offre des services sûrs. Nombre de chargeurs et commissionnaires européens ignorent encore la gamme des services que le transport maritime à courte distance peut leur apporter. Pour leurs transports de marchandises, ils pensent avant tout à la route ou au rail et associent dans leur esprit le transport par voie maritime et le trafic intercontinental. Le transport maritime s'identifie, dans le contexte européen, avec le seul transport de vrac et n'est pas considéré comme un réel substitut ou complément potentiel du transport terrestre».

La durée des opérations portuaires est aussi admise comme une des faiblesses principales du cabotage. Comme on l'avait dit auparavant, tout délai additionnel au transport maritime lui-même, augmente le temps de la livraison finale et le chargeur en tant que client va pénaliser le mode de transport tout simplement. Donc la succession des délais est en réalité le grand problème. Sur ce point, le rapport a donné des résultats intéressants.

Les droits de port ont été également identifiés comme un autre des obstacles au développement du cabotage. Comme nous l'avons dit auparavant, les droits de ports deviennent une composante importante du coût de transport par voie maritime. Même si le transport maritime et en l'occurrence, le cabotage, est le plus économique pour les chargeurs par rapport aux autres modes, les coûts externes élevés, comme les droits portuaires et les coûts de manutention et/ou stockage, peuvent faire du cabotage un moyen de transport non attractif pour les chargeurs même du simple point de vue économique. L'étude a fait référence aux droits portuaires comme un des problèmes structurels du transport de cabotage de façon descriptive et sans beaucoup de précision autre qu'une description générale de la situation que nous citons maintenant :

« Le niveau parfois excessivement élevé des droits de port en Europe handicape lourdement le transport maritime à courte distance sur le plan de la concurrence. Le groupe « Transport maritime à courte distance » du forum maritime international, a calculé que les frais portuaires peuvent aller jusqu'à représenter 70 à 80% du coût total d'un transport maritime à courte distance. Une autre source a calculé que dans cette forme de transport, les frais portuaires moyens par conteneur transporté peuvent varier de 55 à 57 écus dans de nombreux ports du nord de l'Europe à plus de 200 écus dans certains ports méridionaux. »

« Les droits des ports ne sont pas toujours transparents et les utilisateurs doivent, dans certains ports, payer des services dont ils n'ont pas besoin ou qu'ils ne demandent pas. Les navires qui font escale dans un port doivent y acquitter des droits de pilotage, de port et de quai dont le montant varie avec le type et la taille du navire, les tonnages chargés et déchargés et la nature du port et de ses équipements. Les coûts de pilotage peuvent souvent grever proportionnellement davantage, les navires caboteurs que les navires transocéaniques. Les navires doivent en général acquitter les droits de pilotage même s'ils n'ont pas recours à ce service. Il en est souvent de même pour le droit de remorquage. Il s'y ajoute que les droits d'amarrage élevés perçus dans certains pays, ce qui portent les coûts portuaires totaux à un niveau élevé. Les éléments les plus lourds des coûts portuaires sont, en dehors des frais de manutention, les coûts de pilotage, les coûts de remorquage et les droits de port.»

*La durée des opérations portuaires* était également détectée comme un autre obstacle au développement du transport de cabotage. Comme on l'a déjà remarqué, le délai du transport en général est un des principaux facteurs concurrentiels des transports. En conséquence, dans le cas du cabotage, tout délai supplémentaire au temps de navigation, provoque une perte de compétitivité. Il est reconnu que le transport maritime en général est soumis plus au moins, à des délais considérables d'attente dans le port par rapport au temps effectif de navigation. De plus, ce désavantage du transport maritime est inversement proportionnel à la distance de navigation. Le cas du cabotage est particulièrement désavantageux, car les frais « non profitables » pendant l'attente des navires, ont plus d'impact sur les coûts totaux de transport que dans le cas du transport transocéanique. A l'époque du rapport, 1995, les armateurs européens ont estimé que leurs navires passaient 60% du temps total de transport dans les ports et 40% seulement en mer. Cela représentait donc plus de la moitié du temps de transport « non profitable » alors que les frais d'affrètement des navires ou conteneurs (si c'est le cas), les salaires des équipages et les assurances de la marchandise et du navire, sont les mêmes que pendant le temps « productif » des bateaux, c'est-à-dire, le temps de navigation. Le rapport identifie comme principales causes des délais dans les ports européens, les suivantes :

- a) Une insuffisance des infrastructures, surtout dans les pays de l'Europe méridionale et l'Irlande ;
- b) L'absence de liaisons aisées avec l'infrastructure terrestre dans plusieurs ports ;
- c) Des écarts considérables entre les ports les plus performants du nord de l'Europe, où la manutention de conteneurs atteint des cadences de 30 conteneurs par heure, et un grand nombre de ports du sud de l'Europe où ce chiffre est réduit environ de moitié ;
- d) Finalement, les délais induisent des problèmes de main d'œuvre. Nous citons le texte du rapport à ce sujet : « Bien que la situation des travailleurs et les conditions de travail dans les ports se soient progressivement améliorées, il n'en reste pas moins que les régimes et pratiques de travail restrictifs réduisent encore l'efficacité des opérations portuaires et ont des répercussions considérables sur les coûts de manutention. Les règlements et les conventions qui empêchent les autorités portuaires et les autres parties intéressées de recruter librement de la main-d'œuvre qualifiée provoquent des distorsions du marché particulièrement pénalisantes là où le transport par mer est en concurrence directe avec les modes de transport terrestres. »

## **2.7 La continuité de la politique européenne sur le cabotage**

Après le premier grand pas d'une définition de la politique des transports communautaire et l'établissement des objectifs communs entre pays européens, les grands axes d'action pour la promotion du cabotage ont été ébauchés. Certains projets ont été soutenus et mises en place et plusieurs études ont été engagées. Les problèmes structureaux du cabotage ont été définis. On a constaté des échecs et des réussites de ces projets soutenus par la CE, mais par la suite, plusieurs questions restent d'actualité. Comment développer le cabotage ? Quelle est la meilleure façon de promouvoir son développement par rapport aux autres modes de transport ? Respecter la libre concurrence est un grand principe de l'Europe communautaire, mais est-ce vrai ? Qu'en est-il en réalité ?

En analysant la continuité de la politique de développement de transports, nous considérons que, bien que chaque mode de transport ait ses propres avantages, ceux qui dans un schéma parfait de libre concurrence, peuvent définir de manière quasi évidente leurs positions dans le marché des transports, il existe encore des facteurs externes au fonctionnement proprement dit de chaque mode, qui influent fortement sur le positionnement réel des modes de transport dans la concurrence intra modale. Ainsi nous considérons, dans l'analyse qui suit, que l'implication communautaire réelle et les actions engagées jusqu'à nos jours, est indispensable pour la compréhension de l'origine d'un bon nombre de difficultés auxquelles le développement du cabotage se voit confronté.

### **2.7.1 Développer le cabotage de façon équilibrée**

En 1996, deux publications sont parues, « Vers une nouvelle stratégie maritime (COM(96)81) » et « Forger l'avenir de l'Europe Maritime – une contribution à la compétitivité des industries maritimes (COM(96)84) ». Elles visent à redéfinir les orientations pour une politique maritime commune, fixant ainsi le cadre politique et réglementaire du cabotage. Nous ne rentrerons pas dans le cadre réglementaire car il n'est pas l'intérêt principal de notre travail, mais il est important de faire référence aux grands objectifs de la politique maritime européenne en matière du cabotage :

- Parvenir à une croissance équilibrée de ce mode de transport ;
- Intégrer activement et positivement le transport maritime à courte distance, y compris les dessertes d'apport, dans la chaîne du transport intermodal ;
- Promouvoir dans l'intérêt des usagers, une concurrence libre et loyale entre les modes de transport, dans le cadre de laquelle, tous les modes supportent l'intégralité de leurs coûts, y compris les coûts externes ;
- Encourager une concurrence libre et loyale entre les ports communautaires et entre les compagnies de transport maritime.

En 1997, les premières directives d'une politique portuaire communautaire ont été publiées dans le « Livre vert de la Commission européenne relatif aux ports et aux infrastructures maritimes » COM(97)678. Les grandes lignes directrices du Livre vert font référence :

- au raccordement des ports maritimes aux réseaux trans-européens de transports
- à l'amélioration du rôle des ports en tant que point de transfert dans la chaîne du transport multimodal
- *à la promotion du transport maritime à courte distance*
- à l'amélioration du rôle des ports dans la sécurité maritime et la protection de l'environnement
- à une plus grande transparence des tarifs portuaires, proposant une tarification basée sur le principe de l'utilisateur payeur
- à la mise en place d'un cadre général pour une libération plus systématique du marché de services

Après cette brève description de la politique que l'Union Européenne a menée au sujet des transports et plus spécifiquement du transport maritime, il est clair que la volonté de développer le cabotage existe. Mais il existe également une volonté de développement durable pour tous les modes de transport terrestre, lesquels sont de fait les concurrents du cabotage. Alors, on est tenté de penser que le fait de vouloir favoriser tous les modes de transport qui luttent entre eux pour prendre une majeure partie du marché de transports, n'apporte pas réellement un avantage au développement du cabotage. Dans tous les cas, la volonté exprimée clairement par la Commission, d'encourager le transport du cabotage ne peut être un avantage que dans la mesure où l'Union européenne puisse appuyer les

directives par des actions directes d'investissement et de réglementation visant à donner au cabotage un élan effectif.

Les aides financières de l'Union au transport de cabotage, jusqu'à nos jours, ont été principalement affectées à la recherche et au développement. Effectivement, une première étape pour explorer le monde du cabotage au niveau communautaire s'est avérée indispensable, mais des actions concrètes doivent commencer à avoir lieu, car des conditions existent au niveau communautaire et paneuropéen pour développer davantage le cabotage. Les aides de l'Union Européenne ainsi que des pays de l'EEE au transport maritime en général ont été versées par le biais du 4<sup>ème</sup> Programme Cadre de Recherche et de Développement (PCRD), 55 projets ont été ainsi financés entre 1994 et 1998. Actuellement et de façon permanente il existe un soutien financier au développement du cabotage dans les pays de l'Union, prévu dans le cadre des programmes comme le PACT, PHARE, TACIS et les fonds FEDER (Rapport Papadimitriou), ainsi que les fonds INTERREG pour « les grandes infrastructures et équipements connexes ». D'autre part, il est évident, vu la nature du transport maritime, que même si le cabotage est considéré comme le transport maritime circonscrit à l'intérieur d'un continent (2.1), les mers fermées génèrent des relations maritimes qui finissent par se confondre ou même par fusionner avec le cabotage, sur les différentes façades d'une mer fermée comme en Méditerranée.

Ainsi, l'effectivité des mesures pour le développement du cabotage en Europe, dépend aussi des rapports commerciaux extra communautaires. Une vision intégrale des obstacles et des mesures de développement du cabotage, se doit de considérer l'ensemble des pays du continent, plutôt que de rester confiné aux pays de l'Union. Cette vision paneuropéenne doit donc prendre en compte d'abord, les pays européens non membres de l'Union comme : la Norvège, les pays de l'Europe centrale et orientale encore hors de l'Union, ainsi que les pays extra-continentaux avec des partenariats européens en Méditerranée. Dans un futur proche, il faudra peut-être considérer également la navigation intérieure de la Mer Noire comme cabotage européen.

Actuellement, l'Union européenne a commencé à préparer ce schéma de cabotage élargi par le biais du soutien au développement de l'activité dans des pays non membres. Par exemple, les programmes de soutien PACT, PHARE et TACIS contiennent des

projets maritimes concernant les pays de l'Europe centrale et orientale (PECO). Pour le développement du transport maritime en mer Baltique, un « Comité de coordination » entre la Commission européenne et les gouvernements des pays riverains (y compris la Norvège) a été créé pour examiner la situation des transports maritimes et des ports dans la région afin de définir les futures voies de coopération. Dans le cas des pays récemment arrivés au sein de l'Union comme la Bulgarie, l'Estonie, la Hongrie, la Lettonie, la Lituanie, la Pologne, la Roumanie, la Slovénie, la Slovaquie et la République Tchèque, un programme de coordination du développement des transports nommé TINA (Transport Infrastructure Need Assessment) a été mis en place en 1996. Le principal objectif du TINA est de coordonner l'intégration des réseaux nationaux des différents modes de transport en Europe de l'Est. Dans le cadre de cette initiative, 10 corridors ont été définis pour l'Europe de l'Est concernant indifféremment les pays en procédure d'accession à l'Union ou non. La modernisation des réseaux des pays concernés fait l'objet de cofinancement communautaire pour les études plus que pour les programmes d'infrastructure, dans le cadre des programmes PHARE, TACIS ainsi que par l'instrument d'aide à la pré-accession (ISPA). Cependant, l'essentiel du poids du financement pour la mise à niveau des infrastructures dans les pays de l'Europe de l'Est, reste à la charge de ses derniers.

Le rapprochement entre les pays de l'Union et les pays ex-communistes, de l'Est de l'Europe, est basé sur la volonté de ces derniers d'évoluer vers des économies de marché. Une avance significative, est le fait que tous les pays (PECO) ainsi que les pays européens non communautaires sont actuellement membres de la Commission européenne des ministres de transports (CEMT) et que, par conséquence, ils se sont engagés à promouvoir et appliquer les résolutions et directives prises par cet organisme. Ainsi, le cadre politique du cabotage européen achève sa mise en place. L'acceptation des pays membres et non membres à suivre les directives européennes visant le développement du cabotage est également un avantage qui permet maintenant de mettre en place des programmes ambitieux. En d'autres mots, on peut dire que les conditions de cadre politique, juridique et de volonté généralisée, sont réunies, formant ainsi les conditions idéales au développement de projets communautaires de transport. Il faut maintenant passer à la phase d'application des projets. Aujourd'hui les questions d'organisation et d'accord communautaire et paneuropéen sont plutôt résolues. Les questions d'actualité pour les autorités politiques sont : Quels projets favoriser ? Comment financer les aides ?

Comment promouvoir le cabotage de façon effective en respectant les lois du libre marché et la libre concurrence entre les modes de transport ? Par la suite, au cours de ce travail, nous essaierons de répondre à ces questions.

### **2.7.2 Entre grandes perspectives et abandon communautaire**

Comme nous venons de le voir, il existe un grand intérêt de la part des autorités politiques nationales et européennes en général, pour le développement des tous les modes de transport, de façon équilibrée et durable. En particulier, pour le cabotage intra européen, beaucoup d'espoirs sont mis sur le développement d'une alternative maritime à la route. Cette préférence pour le cabotage est due aux grands avantages économiques et écologiques du mode maritime sur le transport routier dont nous avons discuté précédemment (2.2 et 2.3). Mais, bien que le cabotage soit le mode de transport le moins cher (Fig.18), que les conditions politiques et juridiques soient favorables à son développement, que le libre transit des marchandises et la libre concurrence dans l'espace paneuropéen soient une réalité, et encore plus, que la communauté européenne ait effectué des efforts de coordination entre pays et même financé des recherches et des projets visant au développement du cabotage, une question continue à se poser : *Pourquoi le cabotage ne se développe-t-il pas davantage ?*

Certes, le transport de cabotage en Europe a profité des taux de croissance favorable. Depuis 1970 son taux de croissance a grandi dans la même proportion que celui du transport routier et de façon bien plus importante que les autres concurrents du transport terrestre, le transport fluvial et le rail, mais à partir de 2000 le transport de cabotage enregistre une tendance négative (Fig.14). On pourrait interpréter cette diminution de la croissance, comme un phénomène conjoncturel et sans gravité, mais l'avance nette du transport routier, sur le cabotage en Europe est évidente. D'autre part, si l'on considérait non seulement les volumes transportés mais aussi la valeur des marchandises transportées, nous pourrions observer que le transport routier possède une participation énorme qui atteint les 66 % de la valeur des échanges commerciaux intra européens (transport aérien compris), alors que le cabotage représente seulement les 22 % du total de la valeur des échanges. En d'autres mots, la valeur des échanges intra communautaires par cabotage représente un tiers de la valeur des échanges par la route, tandis que le volume des

marchandises transportées, en tonnage, est pratiquement le même. Si l'on parle en termes de densité de valeur des marchandises transportées par les différents modes, on peut constater, par exemple, la haute valeur du fret aérien qui, en volume représente à peine les 0,058 % des échanges intra européens, en tonnage, mais les 4 % en valeur. Suivant le transport aérien, le transport routier possède la plus grande densité de valeur de la marchandise transportée, 38 % du tonnage total et 66 % de la valeur, tandis que le cabotage possède 36 % du tonnage et 22 % de la valeur (Fig.22). Nous considérons que la valeur de la marchandise est un autre moyen de faire progresser le cabotage. La recherche de fret de plus haute valeur pourrait faire gagner au cabotage davantage que la seule augmentation de tonnage transporté, mais ce type de marché de transport est encore moins accessible pour le cabotage, dans son état actuel.

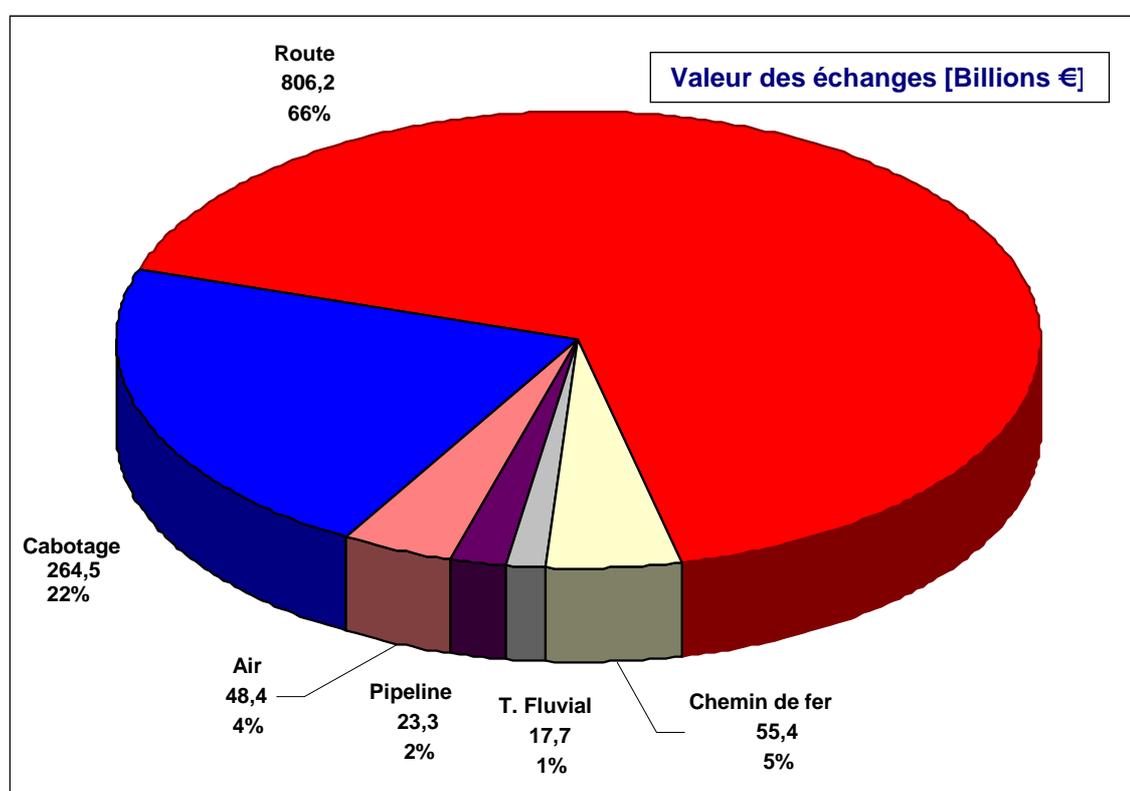
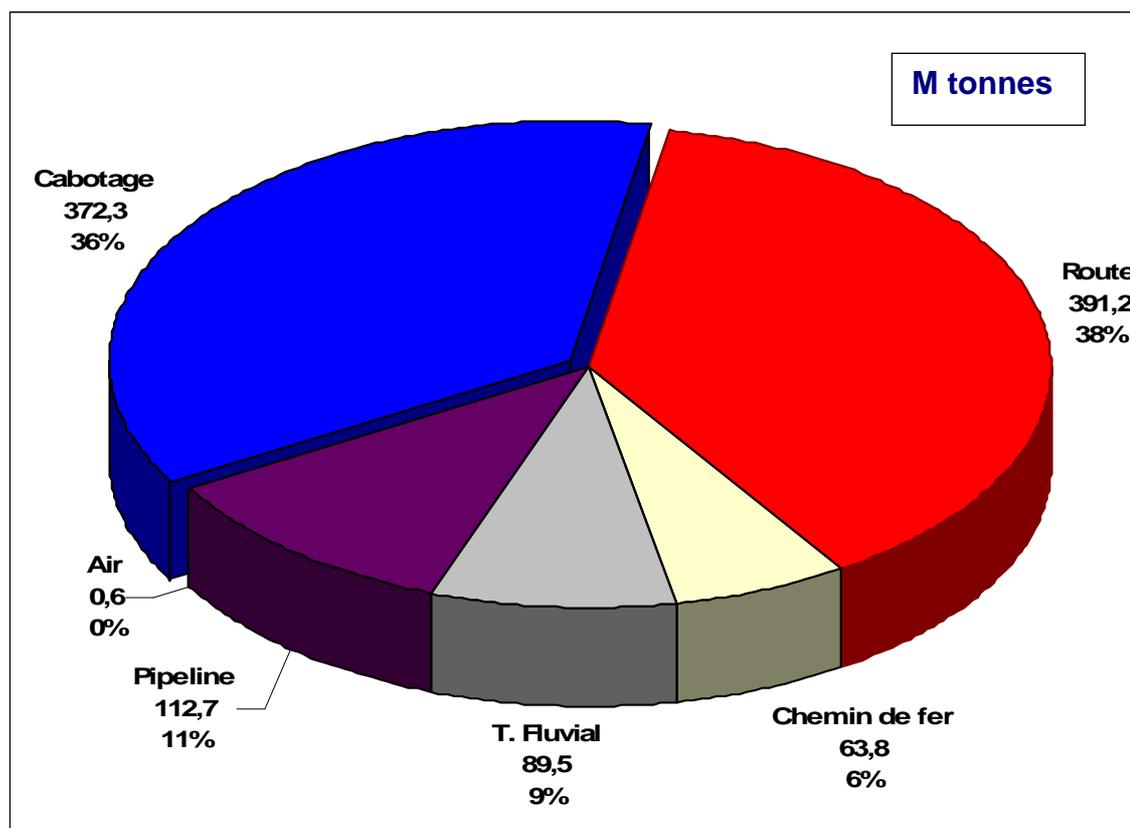
Pour gagner une partie de ce marché, le cabotage doit devenir surtout plus fréquent, plus rapide et plus sûr. Si les conditions minimales sont respectées, les chargeurs seront disposés à payer un cabotage même un peu plus cher que l'actuel et créer ainsi un engrenage positif pour son développement. Comme on a vu précédemment, la rapidité du cabotage ne dépend pas seulement de la navigation mais aussi de façon importante du temps d'attente, chargement et déchargement. Or, pour réussir la captation des marchandises de haute valeur, le cabotage doit diminuer les temps de trajet de porte à porte, ce qui implique un effort conjoint de réduction de temps entre les ports et les modes de transport terrestre qui se chargent de l'acheminement et du post-acheminement de marchandises. L'augmentation de la sécurité du fret, est la seule amélioration qui peut être réalisée unilatéralement par les armateurs en prenant plus soin des marchandises spécifiques et en améliorant leurs systèmes d'information et d'organisation, afin d'offrir un meilleur service de suivi de la marchandise aux chargeurs. Par contre, pour l'amélioration de la fréquence, le défi est beaucoup plus considérable : l'augmentation de la fréquence et la régularité du service, dépendent de la demande du service du cabotage, laquelle est faible.

Le cabotage a stoppé sa croissance depuis 2001, ce qui signifie que la demande se maintienne stable dans le meilleur des cas. Ainsi, il est évident que malgré sa croissance historique jusqu'à l'année 2000, et malgré tous les atouts que nous avons répertoriés, le cabotage commence à stagner et une augmentation de la demande, dans les conditions actuelles, est improbable. Il nous semble maintenant, que la seule voie pour améliorer et

dans certains cas, simplement pour maintenir la fréquence, est celle de l'investissement privé ou public afin de maintenir cette fréquence du service pendant que d'autres mesures structurelles seront mises en place pour relancer le cabotage de manière effective.

Une fois remémoré l'esprit et le développement de la politique européenne de transports à propos du cabotage et après avoir montré son évolution et la situation actuelle, en tant que mode par rapport à ses concurrents de transport, il nous semble nécessaire de connaître comment et jusqu'où l'Union européenne s'est impliquée dans le développement de chaque mode de transport. Car en dépit de la volonté de l'Union de développer tous les modes de façon durable (2.4), il ne faut pas oublier que les modes sont des concurrents, et logiquement, on ne peut pas en favoriser un, en particulier, sans défavoriser indirectement les autres par la même action. Voyons ce qui se passe vraiment entre la volonté politique et les faits. Nous continuerons par une brève analyse des aides européennes aux différents modes de transport.

**Fig.22 Répartition modale des tonnages et de la valeur des échanges entre pays européens UE-15 en 2003**



### 2.7.3 Quelle raison de la discrimination du cabotage ?

*Il est important de dire que, jusqu'à ce jour, les différents modes de transport en Europe, ont été impulsés de façon inégale par l'Union européenne et par les différents états. En dépit de la volonté toujours annoncée de promouvoir un développement équilibré des modes de transports et en dépit de la volonté d'impulser le cabotage en particulier, il est évident que le mode de transport le plus favorisé est la route. En conséquence, nous ne devrions pas nous étonner, actuellement, de l'explosion du transport routier et des problèmes des autres modes de transport à maintenir leurs services à des niveaux de qualité, de coût et de rentabilité compétitifs et acceptables.*

Même s'il est vrai que l'Union européenne et les pays membres ou non ont fait des grands efforts d'harmonisation, organisationnels et financiers, pour développer chaque mode en particulier, l'impulsion privilégiée dont le transport routier a profité, lui a donné un élan suffisant pour laisser loin derrière le transport par rail et le transport par cabotage, qui avaient toujours été les modes dominants en Europe. *Accepter cette discrimination des modes ferroviaire et maritime, ou bien, ce dumping non avoué en faveur du transport routier, est en fait la seule explication au progrès si foudroyant du transport routier sur ses concurrents.* Cette affirmation nous paraît, encore plus pertinente si l'on considère qu'il s'agit du continent qui compte avec les communications ferroviaires les plus denses et qu'il est largement équipé en ports maritimes, sans faire mention de la tradition fortement ancrée de ces derniers modes dans l'histoire européenne.

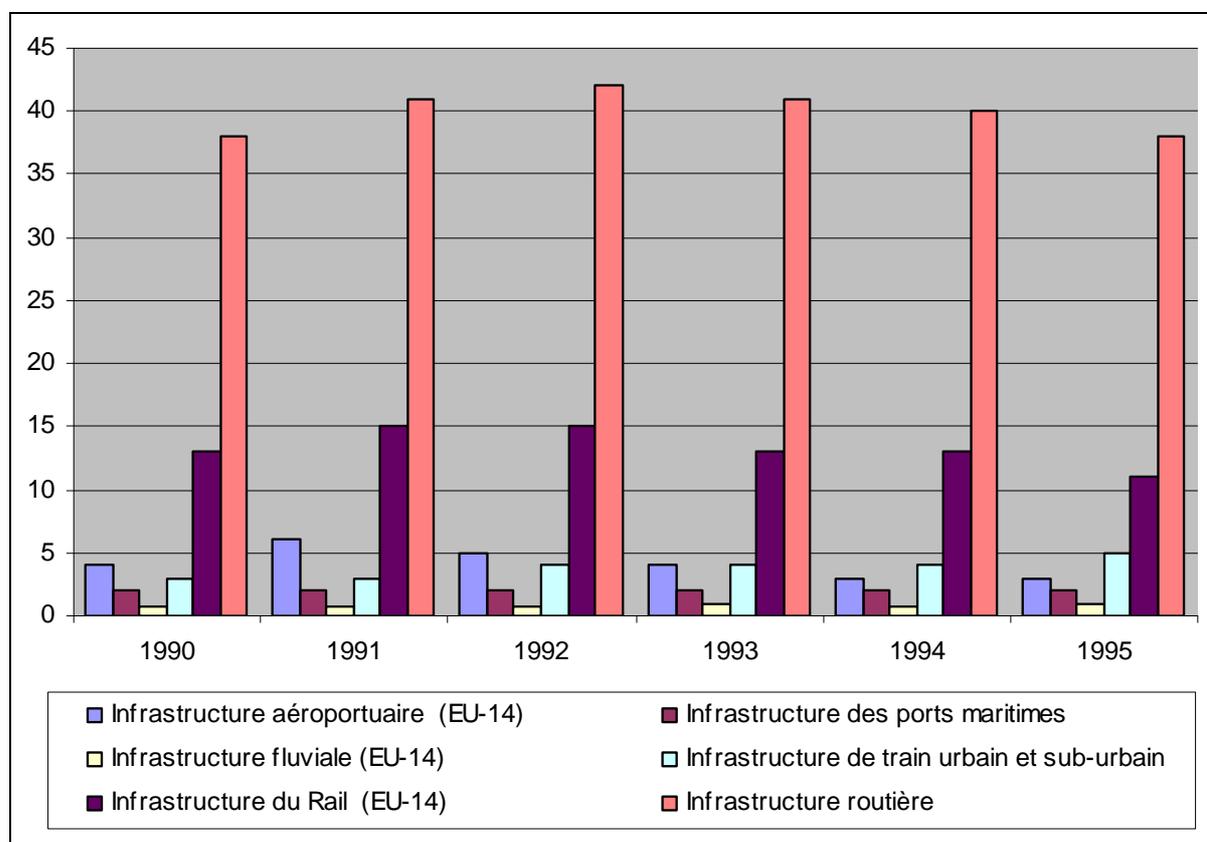
Nous faisons cette remarque, principalement parce qu'il faut prendre conscience à un niveau général, que les modes ferroviaire et maritime n'ont pas reculé dans la concurrence modale uniquement à cause de la haute compétitivité du transport routier, mais aussi à cause d'un choix politique, qui favorise de façon privilégiée le mode routier. Cette préférence pour le transport routier a été réalisée de différentes manières, directes et indirectes. *Les aides indirectes passent par la dérégulation du transport routier avant les autres modes, l'abolition totale des formalités douanières sur la route, les aides à la formation de chauffeurs routiers, et des lois de travail plus flexibles pour le personnel routier, permettent un libéralisme considérable rendant le mode plus compétitif.*

Par exemple en France, des études de thèse en cours (E.James 2005) montrent le niveau important de dérégulation du transport routier qui a permis à partir de la décennie des années 1950 un progrès énorme du mode. La formation du « personnel » du transport routier, *le chauffeur*, a été d'une façon ou d'une autre financée par l'état, soit par des actions d'intégration à l'emploi ANPE, soit comme un bénéficiaire du service militaire. La formation de nombreux chauffeurs a été sans doute un atout important pour la compétitivité des entreprises de transport routier dans la mesure où il existait sur le marché du travail une main d'œuvre nombreuse et qualifiée, permettant ainsi au transport routier, une grande capacité d'absorption de cette demande ainsi qu'une grande flexibilité, car la main d'œuvre existe partout. D'ailleurs, la déréglementation excessive du mode, a permis aux entreprises de payer des salaires différents aux chauffeurs des pays européens différents pour le même trajet, avec les économies conséquentes sur la main d'œuvre pour l'entreprise. Cet exemple est peut-être le plus clair des avantages indirects énormes dont le transport routier européen profite actuellement.

Du côté des aides directes, les exemples sont multiples, et pour les résumer, il suffit de faire référence à tous les projets d'expansion du réseau routier des dernières vingt années et aux projets spécifiques dérivés du « livre blanc », majoritairement projets routiers, ainsi toutes les infrastructures comme les tunnels alpins, les passages transpyrénéens, les ponts autoroutiers, et l'agrandissement général du réseau routier en connexions, longueur et capacité. L'ensemble de toutes ces améliorations représente l'aide directe au mode routier. Alors, si l'on ajoute aux avantages propres du mode de transport routier des aides si importantes, financées par la collectivité et non par les entreprises de transport, le mode routier ne peut que progresser fortement dans la concurrence modale. Une simple observation de la figure suivante, nous semble suffisante pour étayer notre affirmation. Les investissements en infrastructure ont été de l'ordre de 60 % au minimum tandis que pour le transport maritime en général (et non pour le cabotage de manière exclusive) le financement est de 3% à 4%.

**Fig.23 Investissement en infrastructures de transport dans les pays de l'union européenne par mode dans la période 1990 – 1995**

[Billions d'euros 1990]



© H. Martell, 2005, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre à partir de données CEMT

Au contraire, dans le cas du cabotage et des autres modes en général, les investissements ont été assez modestes, sauf dans le cas du rail (autour de 20%). Mais ce même rail a eu de forts problèmes concurrentiels et sa croissance chute (Fig.17), en bonne partie, à cause du choix politique des aides et des investissements. *De l'observation de la figure précédente on peut déduire que la proportion des investissements se maintient, ce qui signifie un grand problème structural des modes de transport autres que le routier : celui d'être soumis à une concurrence injustement privilégiée. Les différences dans le financement des activités de chaque mode, sont à la mesure de l'inégalité des conditions concurrentielles. Pour cela, nous considérons que, bien qu'aidé du point de vue organisationnel, le cabotage a été laissé à l'abandon ou au moins il n'a jamais été considéré comme prioritaire.*

Certes, nous ne pouvons pas considérer que la situation actuelle de la distribution modale et de la concurrence entre modes de transport soit entièrement provoquée par l'inégalité des aides communautaires ou des états aux différents modes de transport, il y a aussi les avantages propres au mode routier qui ont sans doute joué de manière importante, ainsi que des facteurs tels l'intégration des marchés nécessitant des contacts très directs, pour lesquels le camion est sans doute le véhicule idéal. Il y a aussi des facteurs de choix politique comme l'intégration sociale et les activités productives des populations européennes qui sont bien plus faciles à promouvoir et à développer en facilitant le transport routier.

*D'autre part, il est vrai que les aides directes (investissements) communautaires et des états sont orientées vers le développement des infrastructures alors que le cabotage n'utilise comme infrastructure que la mer et les ports, ce qui est à l'origine de l'idée que le cabotage n'a pas besoin d'investissements majeurs. Mais, en fait, cette idée généralisée provoque encore plus de désavantages pour le cabotage. Effectivement les navires caboteurs n'ont pas besoin des infrastructures entre les ports, mais si la marchandise et même d'autres véhicules sont transportés par les navires, dans un certain sens, ces navires sont l'infrastructure même du mode, alors pourquoi ne pas donner des aides communautaires et des états, pour financer la construction et l'acquisition des navires caboteurs ?*

En effet, les autoroutes de la mer n'existent que lorsque un bateau navigue en faisant du cabotage, donc l'ensemble des navires qui font du cabotage sont en réalité l'infrastructure des autoroutes de la mer. Si le principe communautaire et des états en Europe est de favoriser le développement équilibré des modes de transport par le biais des infrastructures, l'aide pour le financement de la construction et l'acquisition de navires caboteurs nous semble complètement justifiée.

Un autre facteur du choix politique nous semble très important : *c'est celui de l'emploi*, car le transport routier génère bien plus d'emplois que les autres modes de transport. Sans aucun doute, la facilité d'accessibilité au marché des nouvelles entreprises constitue le principal motif du rôle du transport routier, dans l'emploi. Pour donner des exemples, un nouvel entrepreneur aura besoin d'investir seulement dans l'achat d'un poids lourd pour démarrer sa propre entreprise de transport routier, tandis que dans le cas

du cabotage, il lui faudra investir dans un navire. Un navire requiert un équipage composé d'au moins cinq officiers pour lesquels la formation est plus longue et plus coûteuse que la formation de 50 chauffeurs routiers.

**Fig.24 Emploi généré en Europe UE-15 par mode de transport en 2000**

[1000 d'emplois directs]

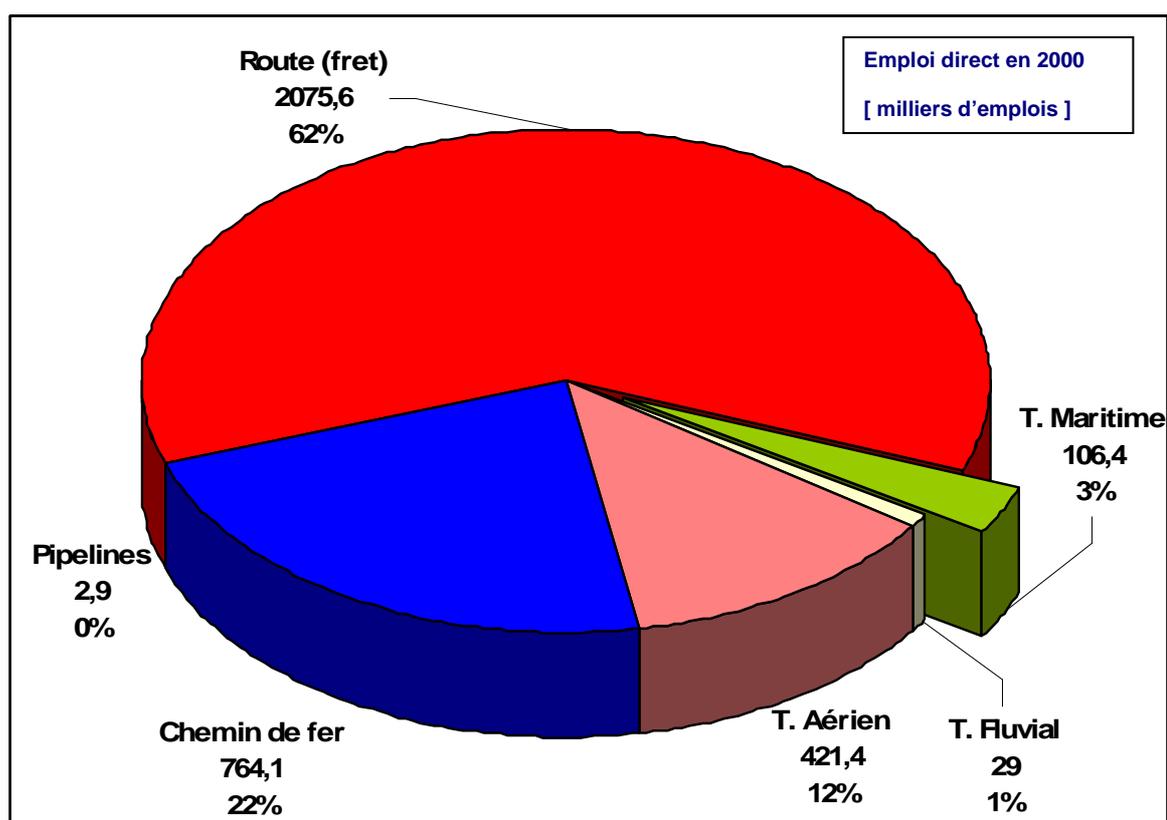
Pays	Chemin de fer	Pipelines	Route (fret)	T. Maritime	T. Fluvial	T. Aérien
Belgique	41,4	0	62	0,6	0,8	14
Danemark	9,6	0,2	44	10,6	0,2	12
Allemagne	257	0,7	390	11,8	8,3	52
Espagne	39,1	Non disponible	301,6	7	0,1	37,2
France	174,8	1,3	305,1	12,8	3,1	67,2
Irlande	5,2	Non disponible	12,8	1,6	0	7
Italie	129,5	0,5	308,6	15,9	4,4	25,3
Luxembourg	3,1	Non disponible	5,5	Non disponible	0,8	2,9
Pays Bas	24	0,2	122,1	6,8	7	33
Autriche	52	Non disponible	47,7	0	0,3	8,8
Portugal	6,3	Non disponible	45,7	1,2	0,6	11,2
Finlande	9,8	Non disponible	38	8,2	0,3	9,7
Suède	12,3	0	63,5	14,4	1,1	13,2
Royaume Uni	Non disponible	0,4	329	15,5	2	127,9
Grèce	Non disponible					
<b>Total</b>	<b>764,1</b>	<b>2,9</b>	<b>2075,6</b>	<b>106,4</b>	<b>29</b>	<b>421,4</b>

Source : Eurostat, (emploi comptabilisé selon la classification NACE à partir des statistiques nationales)

Un navire caboteur classique en Europe est un porte-conteneurs de première ou deuxième génération, il peut transporter 2000 à 3000 EVP l'équivalent de 1500 à 2000 poids lourds pour un même trajet. Si l'on considère que 2 EVP sont équivalents à une remorque de poids lourd ou à un conteneur maritime de 40 pieds sur plateforme, cela signifie qu'au niveau de l'emploi, il existe effectivement un choix politique important, car l'équipage total du navire est d'une moyenne de 20 effectifs (officiers compris) contre 1500 à 2000 routiers employés pour le même déplacement de marchandise. Cet exemple pourrait paraître un peu exagéré et il n'est valable que si le navire est chargé à sa capacité

maximale. Or ce n'est pas le cas habituellement et il existe des navires caboteurs de moindre capacité de charge. Mais cet exemple nous semble représentatif de ce que chaque mode de transport signifie par rapport à l'emploi, et ceci sans compter l'emploi indirect généré par les activités productives et les industries qui gravitent autour du transport routier.

Fig.25 Proportion de l'emploi généré par mode de transport dans l'UE-15



© H. Martell, 2005, CIRTAL, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre à partir de données Eurostat

De plus, si nous considérons les 3 % des emplois générés par le transport maritime y compris le transport transocéanique et le cabotage, le fossé déjà énorme entre la création d'emplois par le transport routier et celle du cabotage, se creuse davantage. Enfin, l'objectif de notre travail n'est pas orienté vers la création d'emplois, mais il nous a semblé important de faire mention de cet aspect absent des travaux précédents sur le cabotage, car effectivement, l'enjeu est important. D'un autre côté, il nous a paru le motif le plus important, pour justifier la raison du choix politique réalisé en faveur du transport routier.

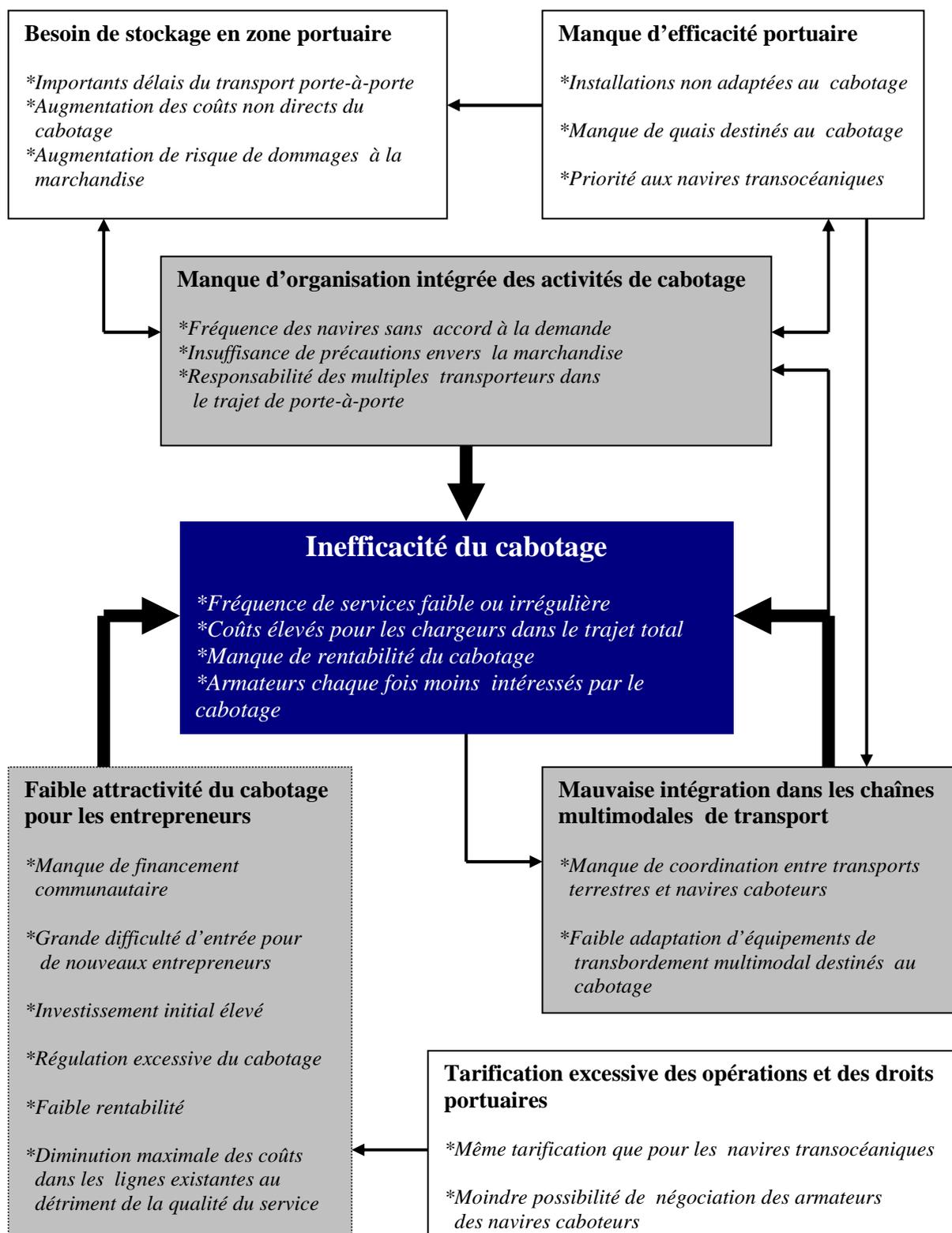
*Nous nous expliquons ainsi la cause du manque de cohérence entre l'objectif affiché de développer les modes de transport de façon équilibrée et le dumping modal routier.*

Il est évident que, pour avoir une vraie redistribution modale et pouvoir transférer une partie des flux routiers des marchandises, vers le cabotage, une réaffectation budgétaire des aides communautaires et nationales est nécessaire pour appuyer effectivement les projets visant à développer le cabotage. Il nous semble que la seule voie effective pour améliorer la situation actuelle du cabotage et pour casser le cercle vicieux dans lequel il se trouve (Fig.23), est l'investissement direct et indirect pour résoudre les problèmes structurels du fonctionnement du cabotage, qui sont pour nous :

- Le manque d'organisation des activités de cabotage (horaires et dates de départ variables, excès de formalités administratives pour les navires et pour la marchandise)
- La faible attractivité des activités du cabotage aux entrepreneurs du transport (si le cabotage reste pour eux une activité commerciale non attractive, le développement des nouvelles lignes n'e sera pas possible)
- La mauvaise intégration du cabotage dans les chaînes multimodales (accueil des navires dans les ports et manutention de marchandises non prioritaires, manque de coordination avec les transports terrestres pour réduire le temps de liaisons mer-terre)

Dans le chapitre 4, nous reviendrons sur ces derniers problèmes structurels pour proposer les solutions qui nous semblent pertinentes. Nous poursuivrons par l'analyse de la couverture géographique et les conditions actuelles des opérations des lignes de cabotage en Europe occidentale ainsi que les opportunités de transfert de fret du transport routier vers le cabotage.

**Fig.26 Le cercle vicieux du transport de cabotage de fret en Europe**



Nombreux efforts de la part de la Commission Européenne, ont été effectués pour résoudre les problèmes structurels du cabotage. En 2003, la commission a présenté un programme de 14 actions pour la promotion du transport de fret. Le travail conjoint avec des Etats membres et l'industrie a été orientée à :

- Rationaliser les procédures administratives et douanières ;
- Identifier et débloquent les goulets d'étranglement qui gênent le développement du transport maritime à courte distance ;
- encadrer un réseau de 21 centres de promotion du fret maritime à courte distance, gérés par des entreprises, qui s'efforcent de favoriser l'essor de ce mode de transport au niveau européen.

En 2006, la Commission a procédé à un examen à mi-parcours du programme de 2003 et a décidé de recentrer certaines actions pour assurer une promotion plus efficace du transport maritime de courte distance. Avec son programme d'activités « RTE-T » (réseaux transeuropéens de transport) la Commission soutient la création d'autoroutes de la mer par le biais du financement des études de faisabilité des corridors dans les quatre régions :

- 1) Mer Baltique
- 2) Europe occidentale / océan Atlantique, mer du Nord / mer d'Irlande
- 3) Europe du Sud-Ouest / Méditerranée occidentale
- 4) Europe du Sud-Est / Adriatique, mer Ionienne et Méditerranée orientale

L'objectif est de développer des connexions maritimes à courte distance intégrées, qui délivrent des services de porte à porte. Les états membres choisiront les routes en fonction de leur valeur actuelle et potentielle pour l'économie européenne. L'idée est de concentrer le trafic sur les routes plus fréquentées afin d'atteindre la masse critique nécessaire pour produire des services efficaces et économiquement viables. La commission prévoit lancer un vaste débat sur un « Espace maritime européen commun », pour lequel, le développement de systèmes de suivi à distance de navires (LRIT-long range identification and tracking) est fondamental. Finalement, les fonds du programme « Marco Polo » peuvent servir à lancer de nouveaux services, bien que ceux-ci doivent ensuite parvenir à s'autofinancer. La nouvelle phase du programme « Marco Polo » pour la période 2007–2013 disposera d'un budget de 400 millions d'euros. ([www.shortsea.info/](http://www.shortsea.info/))

## Conclusion

Le cabotage est composé des trafics maritimes des échanges intercontinentaux et des trafics maritimes de récollection à l'intérieur d'un continent pour alimenter les trafics maritimes des échanges extra-continentaux « *feeder* ». Il existe donc, deux voies d'action pour le développement du cabotage, et dans le cas de l'Europe, les deux types de cabotage ont d'importantes perspectives de développement grâce au dynamisme commercial intérieur et extérieur. On pourrait dire que le cabotage en Europe se développe de façon satisfaisante. En effet, la croissance de 11 % du transport maritime de cabotage par rapport à 1970, est la deuxième la plus importante en tant que mode après celle du transport routier de 13%. Le cabotage a évolué parallèlement au transport routier, dans les trois dernières décennies et il profite d'une tendance croissante. Quant à ses concurrents modaux, le transport fluvial a eu une croissance positive de 3%, mais limitée, à cause du confinement géographique auquel il est restreint, et le transport ferroviaire de fret, est le seul mode en stagnation voire décroissance, -1%, pour la même période. Le cabotage occupe donc la deuxième place dans la concurrence modale européenne, et ses concurrentes modales terrestres, sauf le mode routier, se trouvent loin derrière lui.

Mais cela ne signifie pas que le cabotage soit en réelle progression dans la concurrence modale. Le cabotage augmente principalement grâce à l'augmentation générale des échanges intra européens et non grâce à une redistribution modale en Europe. En fait, on peut dire qu'il a réussi à maintenir cette deuxième position dans la concurrence modale et qu'il suit la croissance générale des échanges, mais il n'a pas progressé dans la concurrence modale, comme c'est le cas pour le transport routier et le transport fluvial. Il est évident, que grâce aux avantages du cabotage par rapport aux autres modes, et principalement, grâce aux bas coûts de transport, le cabotage a réussi à « garder sa place », mais, après l'analyse de tous ses avantages comme mode de transport, il reste difficile à comprendre pourquoi le mode routier progresse davantage, attirant même des anciennes parties de marché du cabotage.

Le choix modal joue en effet le rôle primordial pour définir la demande de transport, et donc pour définir la progression, la stagnation ou la régression d'un mode ou d'un

autre. Il est habituel de parler du choix de transport comme du choix des chargeurs, mais de notre point de vue, le choix modal des chargeurs est dans un certain sens dirigé, presque pré établi, par le choix modal des aménageurs des infrastructures de transport et des décisionnaires politiques. En effet, le choix modal, dans son ensemble, est bien plus complexe que le choix de chargeurs. Le choix des chargeurs est simplement une décision exécutive pour le transport de marchandises, la décision dernière, biaisée, dans une chaîne de « choix modal » qui commence par les décisions politiques et les investissements qui favorisent directement ou indirectement un mode ou un autre.

Alors, parler de choix modal, c'est pour nous, parler du choix de l'ensemble d'acteurs de transport, des acteurs avec des intérêts différents. Dans cette logique, au chapitre quatre nous développerons un modèle de choix modal. Pour mieux connaître l'origine du choix, nous nous sommes intéressés d'abord aux critères des choix modal des chargeurs, basés sur les préférences de chargeurs exprimées dans des articles de magazines professionnels des différents modes de transport et dans des travaux d'enquêtes, terminées et en cours sur le transport routier. Ainsi, nous avons conclu que le prix et la rapidité de transport, sont les deux critères de choix modal le plus importants aux yeux des chargeurs. Quant au choix politique, c'est l'Union Européenne qui ébauche les grandes lignes pour le développement des transports sous la doctrine de la libre concurrence au niveau des entreprises et des modes. Elle participe, avec les gouvernements nationaux, à la prise de décision et au financement pour l'aménagement des infrastructures, la mise en place de services de transport, et la recherche, afin d'arriver au développement équilibre de modes de transport en Europe. Le transfert de fret routier vers le cabotage, est un des principaux objectifs de cette politique.

Depuis 1995, plusieurs initiatives ont été lancées pour définir les avantages et les désavantages du cabotage, afin d'améliorer les services existants, augmenter son attirance de trafics et réussir ainsi, le si désiré, transfert modal. Des investissements ont été réalisés, principalement pour des projets d'implantation de services de cabotage, ainsi que des investissements en infrastructure portuaire. Mais on a constaté que, entre la volonté manifestée dans le « livre blanc » et les actions d'appui financier et de promotion aux différents modes de transport, il existe des incongruités. Principalement, en ce qui concerne l'appui exagéré au développement du transport routier par rapport aux autres modes de transport et en particulier au cabotage. Nous avons essayé d'expliquer les

possibles causes, de cette préférence modale routière de la commission européenne et des gouvernements nationaux, cette préférence qui peut être qualifiée du « dumping modal ». Après de réflexion sur les diverses causes possibles, de cette préférence modale, nous avons retenu comme la cause principale, celle de la génération d'emplois des différents modes de transport. En effet, le transport routier, crée à lui seul plus de 60% de l'emploi direct dans l'activité de transport en Europe, tandis que le transport maritime, cabotage et transocéanique, ne représente que 3%, et sans considérer les emplois indirects créés par les services auxiliaires du transport routier.

La distribution modale actuelle, paraît être l'issue d'un choix modal politique pour faire avancer l'économie et soutenir l'emploi plus qu'une concurrence modale libre, le choix modal a été, avant tout, politique. Aujourd'hui, si l'on prétend que le cabotage peut gagner une partie du marché de fret routier, il faudra le privilégier par un grand effort financier afin de rendre égales les conditions concurrentielles désavantageuses du départ.

## **Chapitre 3. Analyse de la situation du cabotage et du transport routier de fret en Europe : quelles opportunités de transfert ?**

### **3.1 Les lignes de cabotage en service**

Maintenant, abordons le sujet du cabotage du point de vue de son fonctionnement, et de sa composition, en Europe. Le cabotage en tant que trafic de marchandises, est composé de vracs et de marchandises conteneurisées. Nous considérons comme conteneurisées toutes les « marchandises diverses » transportables par camion. Le type de marchandise transportée par cabotage est un élément déterminant de l'activité même, du type de navire caboteur, des activités portuaires (accueil des navires, manutention et embarquement / débarquement), ainsi que des tarifs et des droits portuaires. Alors, chaque type de marchandise impose au cabotage des conditions de fonctionnement, de marché, et de concurrence, différentes. Il est donc nécessaire de faire une brève description de la composition des trafics de cabotage en Europe pour mieux comprendre la nature de l'activité et les conditions et contraintes auxquelles le cabotage est soumis.

#### **3.1.1 Les trafics de cabotage en Europe**

Pour mieux appréhender la dynamique du transport de cabotage, un classement sur la base des types de marchandises transportées, nous semble nécessaire. Le classement que nous considérons le plus approprié est composé de trois grandes branches. La première : le cabotage de vracs solides et liquides, qui a des caractéristiques particulières du point de vue du fonctionnement, par exemple : les navires citernes et les vraquiers ont des exigences précises pour l'embarquement / débarquement et stockage des marchandises transportées. Ainsi les grains, le charbon, les liquides en général, les carburants et produits chimiques et les plastiques en vrac auront des exigences propres. Ces besoins spécifiques dans les ports, auront pour conséquence des effets différents sur le fonctionnement des navires, sur les équipements du bord et même sur les conditions de concurrence. Nous n'aborderons pas en détail toutes les particularités du cabotage des vracs car cette branche du cabotage ne fera pas partie de la suite de notre étude. Notre

intérêt primordial est la promotion du cabotage de marchandises conteneurisables, mais une analyse qualitative des différents types de cabotage s'avère nécessaire pour exposer le stade actuel du cabotage intra européen.

La deuxième branche est celle du transport de conteneurs maritimes de manutention verticale ou « lift on – lift off » Lo-Lo. Elle présente des caractéristiques et des besoins particuliers liés à la forme des conteneurs, des équipements de manutention portuaire (portiques, chariots cavaliers, camions et plates-formes), des infrastructures de stockage portuaire (parcs de stockage, branchements électriques, zones signalisées, chemins de roulement pour les chariots cavaliers). D'autre part, les marchandises conteneurisées sont en général des marchandises à plus haute valeur ajoutée que les vracs. Elles nécessitent une plus grande précaution de manutention et de transport que les vracs, de même qu'une exigence accrue de rapidité de transport. Deux aspects qu'on détaillera et qui modifient considérablement le fonctionnement, les exigences et donc les difficultés auxquelles chaque branche du cabotage se voit confrontée.

La branche du transport roulier ou « roll on – roll off » Ro-Ro constitue la troisième branche. Ses particularités d'embarquement et débarquement roulant, changent de façon radicale son fonctionnement par rapport au cabotage Lo-Lo et des vracs. Le cabotage Ro-Ro a besoin de rampes spécialement adaptées dans les ports, mais il n'a pas besoin d'équipements portuaires lourds et spécialisés comme le Lo-Lo et en général, les marchandises transportées sont d'une valeur supérieure ou au moins égale à celle des marchandises conteneurisées. La valeur plus élevée des marchandises transportées, exige des conditions de rapidité et des coûts de transport plus importants que dans le cas du cabotage Lo-Lo. D'ailleurs, le fret Ro-Ro peut être divisé en fonction des unités roulantes. Elles peuvent être automotrices comme les camions et les poids lourds (tracteur et remorque) ou juste des remorques non accompagnées. Ainsi chaque type de cabotage se voit soumis à des compromis et compte aussi sur des opportunités différentes. Du tableau suivant, nous pouvons constater que le trafic de cabotage est principalement composé par des vracs. Comme nous verrons plus tard, les trafics de vracs profitent d'une certaine stabilité et le développement du cabotage que nous envisageons vise principalement les marchandises conteneurisables, c'est-à-dire, les trafics Lo-Lo et Ro-Ro. *Alors, il est important de préciser que, bien que le trafic de cabotage en Europe ait grandi de façon quasi parallèle au transport routier pendant les trois dernières décennies (Fig.17), la*

croissance du cabotage est due principalement aux vracs qui comptent avec des trafics stables et des chargeurs plus fidélisés ou en d'autres mots, avec un marché mieux consolidé.

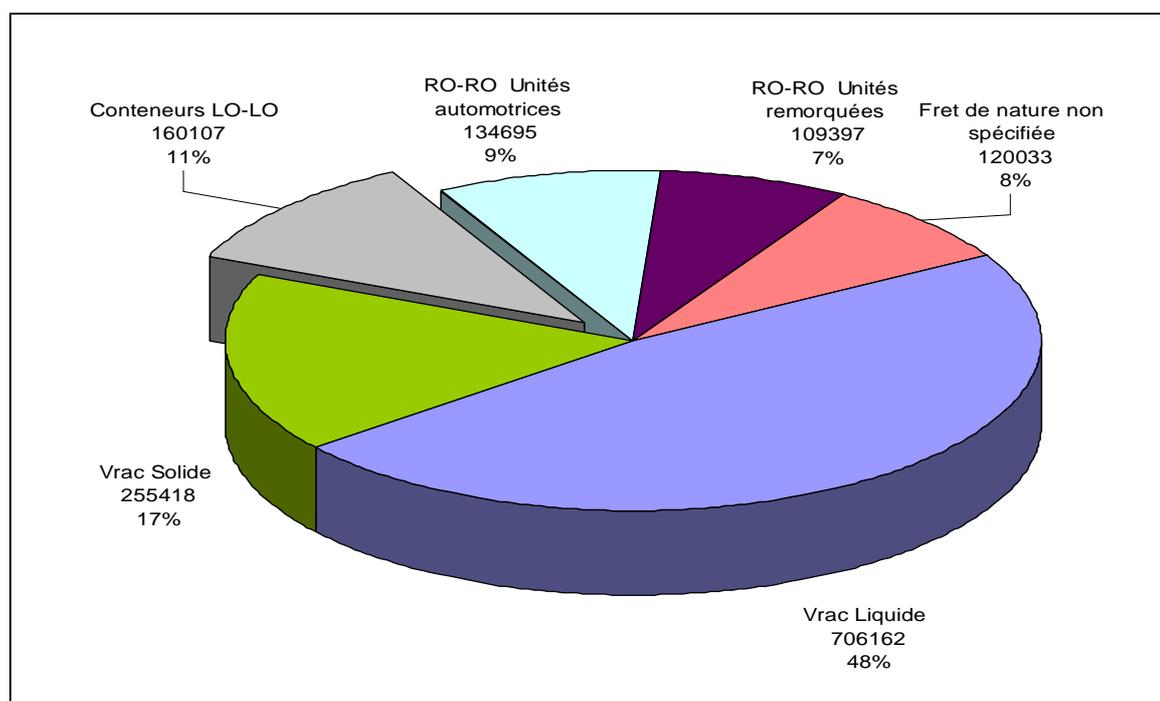
**Fig.27 Les trafics de cabotage par pays en EU-15 en 2001**

[Milliers de tonnes]

Pays	Vrac Liquide	Vrac Solide	Conteneurs	RO-RO Unités automotrices	RO-RO Unités remorquées	Fret de nature non spécifiée
Belgique	30850	13089	10991	2427	20456	10245
Danemark	19511	9415	2921	11801	2478	1809
Allemagne	55602	32408	24195	14747	14792	11717
Grèce	22736	10987	10354	3084	381	5574
Espagne	51833	26881	16475	1661	763	12909
France	52338	20535	7907	18829	18038	5904
Irlande	10330	4556	4597	3386	3631	974
Italie	149201	28209	23728	6748	2457	10036
Pays Bas	135898	36503	18060	13407	284	13555
Portugal	11867	6273	3376	469	76	3632
Finlande	19949	18442	8838	4549	6259	14757
Suède	32651	14818	6962	21002	11227	12764
UK	113396	33302	21703	32585	28555	16157
<b>Total</b>	<b>706162</b>	<b>255418</b>	<b>160107</b>	<b>134695</b>	<b>109397</b>	<b>120033</b>

H. Martell d'après Eurostat, 2003

**Fig.28 La composition des trafics de cabotage en Europe 2001**



© H. Martell, 2005, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre, à partir de données Eurostat

La diminution de la croissance du cabotage à partir de 2000, peut donc s'expliquer par la diminution du trafic de cabotage de marchandises conteneurisables. En général nous pouvons dire que le cabotage en Europe se porte bien, mais la partie du cabotage qui intéresse davantage l'ensemble des acteurs, c'est-à-dire, le cabotage de marchandises conteneurisables Lo-Lo et Ro-Ro, est actuellement instable et réduit par rapport aux vracs. Pire encore, une stagnation voire une régression des trafics s'est opérée à partir de 2000 au niveau européen.

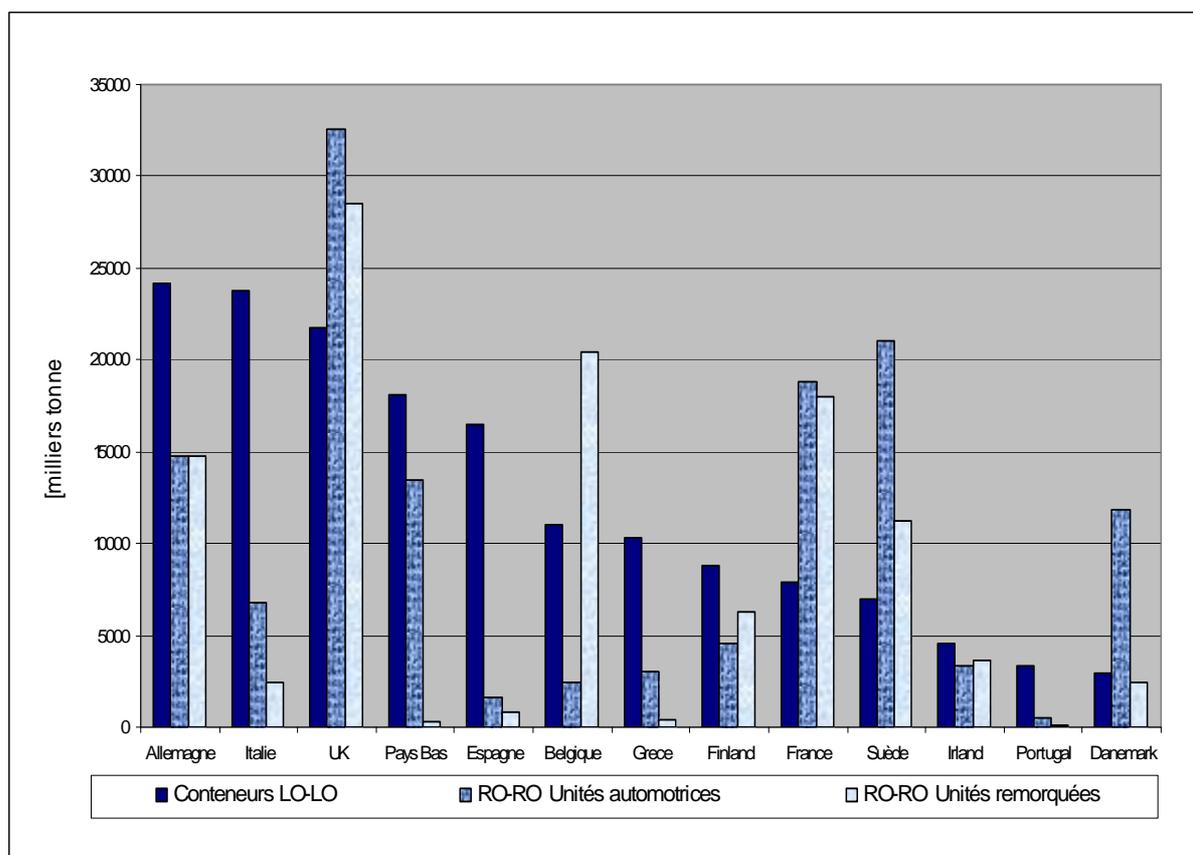
D'autre part, il est important, de remarquer les différences du développement du cabotage par pays en Europe. En effet, même si parler de l'Europe comme d'une unité homogène est devenue une habitude, il faut aussi analyser le cabotage du point de vue national, car il existe de fortes différences entre pays. Des différences principalement géographiques, mais aussi des niveaux de production et de consommation, et même des habitudes d'utilisation des modes de transport, sont à l'origine d'un développement non homogène du cabotage. Nous avons séparé le cabotage de type Lo-Lo et Ro-Ro dont le développement suscite le plus grand intérêt pour les autorités européennes et qui constitue le principal objectif de notre étude (Fig.29).

De l'analyse de la même figure, on peut déduire que le facteur géographique d'insularité joue un rôle principal : ainsi le Royaume Uni, et la Suède se situent dans la première et sixième position du développement du cabotage, la position inférieure de la Suède est due sans doute à sa plus faible production par rapport au Royaume Uni. La presque insularité du Danemark et de l'Italie explique aussi leur positionnement important. Dans le cas de la Finlande et de l'Irlande, l'insularité est sans doute le facteur qui favorise leurs trafics, mais leur production et consommation locale sont moins importantes. Par contre, les différences entre trafics de cabotage des pays continentaux, nous semblent étonnantes. Les raisons de leurs positionnements sont plus complexes car elles sont liées aux relations commerciales de chaque pays.

L'Allemagne occupe la deuxième position du développement du cabotage au niveau européen. Dans ce cas on pourrait attribuer le développement de ce cabotage à la grande production et consommation allemande et au grand volume d'échanges avec les pays scandinaves et l'Angleterre. Les Pays-Bas, la Belgique, la Grèce et l'Espagne occupent

une position moyenne et développent de façon équilibrée leur cabotage Lo-Lo et Ro-Ro. Par contre, le Portugal et la France ont les trafics les plus modestes. Dans le cas de la France, le positionnement est le plus injustifié car sa production et sa consommation, sont les deuxièmes plus importantes du continent. Il nous semble que c'est la preuve que dans certains pays, le cabotage n'a jamais été considéré sérieusement comme une alternative au transport terrestre, en dépit de ses grandes potentialités. On peut donc constater que, en dehors des facteurs géographiques et/ou purement économiques et commerciaux, les habitudes d'utilisation d'un mode de transport ou un autre, ont toujours existé. Il semblerait qu'il existe des pays plus habitués à la mer que d'autres. Dans le cas du cabotage et des ports, les habitudes rattachées aux modes de transport terrestre peuvent être la cause du gâchis des opportunités de développement.

Une autre observation qui nous semble importante est le fait que les trafics de cabotage de type Lo-Lo, se développent apparemment de façon totalement indépendante des trafics de type Ro-Ro. L'effet de l'insularité semble être moins important pour ce type de trafic de cabotage de conteneurs. Ainsi pour les trafics plus importants comme ceux de l'Allemagne, l'Espagne, le Pays -Bas et la Belgique, il semble que, pour ce type de cabotage l'existence de ports de concentration ou « Hubs » européens comme : Hambourg, Brême, Gioia Tauro, Rotterdam et Anvers, apporte une explication. Ce type de cabotage Lo-Lo de conteneurs, serait attribuable principalement au « *feeding* » de lignes transocéaniques plutôt qu'aux échanges intra européens, certains ports de ces pays ont-ils peut être déjà commencé à capter des volumes importants de fret intra européen et deviennent des pôles du cabotage? Malheureusement, nous n'avons pas de données complètes, homogènes et suffisamment désagrégées pour prouver un fait ou l'autre, mais nous attribuons la cause de ce phénomène principalement au « *feeding* ».

**Fig.29 Développement du cabotage Lo-Lo et Ro-Ro par pays, EU-15 2001**

© H. Martell, 2005, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre, à partir de données Eurostat

Cette explication étant donnée sur la composition actuelle des trafics de cabotage et des différences qu'elles impliquent sur le plan concurrentiel par rapport au type de marchandises, nous continuerons par une analyse des motifs de succès ou faillite de certaines lignes de cabotage récemment implantées en Europe. On analysera principalement leur rapport au type de marchandises transportées et à leur fonctionnement comme entreprise. Nous concluons par un classement plus détaillé et nuancé des types de cabotage en (2.6.3), qui nous permettra de définir les activités, les points forts et les points faibles du cabotage de marchandises conteneurisées, afin de présenter nos propositions d'amélioration pour chaque type de trafic.

### 3.1.2 Résultats des lignes de cabotage récemment implantées en Europe

Bien que d'un côté, le besoin d'une redistribution modale vers le cabotage ait été démontré sur la base des critères variés et importants (diminution de polluants, économie énergétique et décongestion des autoroutes), et que d'un autre côté la volonté politique soit favorable au développement du cabotage, les résultats du cabotage européen ne sont pas, en réalité, vraiment positifs dans l'ensemble, et on est tenté de croire qu'il existe une sorte d'optimisme un peu aveugle ou naïf voire un triomphalisme injustifié.

Malheureusement, dans les faits, le développement du cabotage est confronté plus souvent à des échecs qu'à des réussites. Nous tenterons de faire un résumé analytique des résultats des lignes de cabotage mises en fonctionnement depuis 1995. Nous avons cherché à connaître et étudier les résultats des lignes à partir de cette date, car il nous semble qu'elle marque le début des efforts communautaires pour le développement du cabotage (2.4.2). D'autre part, nous considérons que dans ces dix dernières années, les conditions économiques et politiques de l'environnement du cabotage ont été à peu près homogènes et en commun accord avec la volonté de promotion du cabotage communautaire.

#### Quelques expériences de lignes de cabotage qui se sont révélées être un échec

Les expériences des lignes de cabotage récemment implantées sont pour nous, d'un réel intérêt car elles constituent, en quelque sorte, le laboratoire pour nos observations sur le fonctionnement du cabotage, pour la détection des problèmes et pour l'éventuelle démonstration de nos hypothèses pour des solutions possibles du développement du cabotage. Nous exposerons et analyserons brièvement des exemples d'échec et de réussite de lignes de cabotage, dans le but de nous forger une idée, la plus proche possible de la réalité, sur les conditions auxquelles le développement du cabotage se voit confronté.

a) Comme exemple d'échec, nous avons la fermeture en 2002 de la ligne « *European Feeder Lines* », lancée en 1997 entre Dunkerque, Le Havre, Bordeaux et La Rochelle. La principale cause de faillite a été la difficulté à consolider le trafic. Selon l'étude auprès des

anciens responsables de la ligne, celle-ci a profité d'un important soutien des principaux chargeurs mais *le nombre limité de clients, le coût portuaire élevé, la mauvaise interface avec le rail, principalement à Verdon, ainsi que la réticence des commissionnaires maritimes* ont diminué la compétitivité de la ligne ainsi que sa productivité. Dès lors, la ligne fut maintenue avec de faibles profits et des pertes jusqu'à 2002. De notre point de vue, il y a eu aussi un problème lié à la trop courte distance qui rendait encore plus difficile la concurrence modale avec la route, car Dunkerque est à 880 km de Bordeaux par autoroute et la liaison directe peut se faire par un poids lourd en 12 heures de route. Dans le chapitre 3, nous analyserons les distances économiques par mode et les critères de choix modal existants. Néanmoins, cette ligne a duré cinq ans, en nous prouvant que même, sur des trajets aussi courts, le cabotage est économiquement possible. La compétitivité de cette ligne a été ébranlée par un ou plusieurs autres facteurs, mentionnés précédemment, liés aux *délais et frais dans les ports*. Malheureusement, nous avons des informations limitées, mais nous reviendrons sur cet exemple qui nous semble intéressant, afin de le comparer aux résultats de notre analyse de « lignes avec potentiel d'exploitation » qui est le sujet du chapitre 5.

b) Un autre cas est celui d'une ligne de cabotage en Méditerranée, implantée par l'armateur AMC entre Livourne et Toulon, laquelle effectuait trois rotations par semaine. La ligne été lancée en octobre 2000 et fut un véritable échec. Son lancement était directement motivé par la fermeture du tunnel du Mont-blanc et l'engorgement conséquent des passages franco-italiens. Ce fait apportait une quasi-assurance de réussite à cette ligne de cabotage. Le groupe d'armateurs qui avait lancé la ligne, CMA-CGM et la SNCM assuraient une solidité financière très acceptable du projet. Le marché visé s'élevait à 1,4 millions de camions annuels. Dans la réalité, la ligne a été sous capitalisée, à peine € 38112. La faible captation de fret a provoqué la faillite de la ligne, 15 jours après l'ouverture (rapport *CTARAM Consultant, 2001*). Ce cas nous semble un exemple clair des problèmes structurels du *manque de confiance dans le cabotage*. Sans prétendre nous poser en analystes financiers, il est évident qu'aucune affaire ne peut devenir rentable en si peu de temps. La seule explication reste que le groupe s'est précipité dans sa décision de démarrage de la ligne, en pensant pouvoir profiter de la conjoncture liée à la fermeture du tunnel du Mont-Blanc. Pour nous, cette précipitation explique le capital minime investi dans la ligne et l'abandon dont elle a été l'objet au bout de 15 jours.

De notre point de vue, depuis le démarrage, il était déjà décidé d'abandonner l'affaire si le groupe n'obtenait pas les résultats espérés dans le court terme pour ainsi limiter les pertes éventuelles. Ce cas démontre *le manque de confiance de la part des armateurs* qui savent *ne pas pouvoir compter sur des financements communautaires* ou autres si besoin est, et qui ne risquent pas beaucoup en conséquence. Mais il faut dire aussi que du simple point de vue de l'entrepreneur, ce cas est l'exemple clair *du manque de vision à long terme* et de planification, remplacés par une croyance de succès, sur la base d'une situation de conjoncture. Dans tous les cas, cela témoigne *du manque de sérieux avec lequel les acteurs du transport considèrent le cabotage*.

c) Après cet échec, la « AMC » s'est associée à « Transport SA » pour démarrer en 2001 une ligne de cabotage entre Valence et Livourne qui a fonctionné seulement entre janvier et mars de cette année. La ligne avait transporté 200 remorques le premier mois, 300 le deuxième et le troisième seulement 45 alors que le seuil de rentabilité était fixé à 1000. Dans ce cas encore, même si nous ne pouvons en tirer des conclusions essentielles par manque d'information supplémentaire, il nous semble que la ligne ait été abandonnée de façon prématurée. En fait, il semblerait que la ligne commençait à être connue des chargeurs comme le montre le résultat du deuxième mois, 50% de croissance de trafic par rapport au premier mois. Mais tout simplement les investisseurs *n'ont pas eu la confiance nécessaire ou le capital pour supporter la période de consolidation du trafic, bien que celle-ci ait apparemment bien démarré*.

d) Un autre cas d'échec est celui de la ligne du ferry entre Sète et Les Baléares. La ligne était ouverte en 2000 avec le soutien de collectivités locales languedociennes et l'opérateur espagnol « Transmediterranea », qui possédait le monopole sur la desserte des Baléares. Malgré ces avantages d'exclusivité et d'insularité de la destination, la ligne fut fermée après 9 rotations. Pour le consultant « Catram », l'échec était du au *lancement précipité de la ligne, au mauvais marketing et à la carence de fonds propres qui ont été engloutis par le coût d'affrètement du navire de € 30500 par jour*, propriété de « Transmediterranea ». Même si le cabotage ne peut pas être rentable partout, ce dernier cas qui profitait même d'une position de monopole le démontre. Mais il existe aussi le problème structurel d'accession au marché, auparavant mentionné (2.5.1) et que l'on approfondira plus tard.

Nous pensons que si l'accèsion au marché du transport maritime et à la propriété des véhicules du mode (les navires) avait été plus ouverte d'un point de vue légal et financier, les collectivités locales languedociennes et des Baléares auraient été capables à elles seules de lancer le service, par le biais d'une coopérative ou d'une société dépendante des localités. Il faut dire aussi que, indépendamment du trafic de la ligne, le service proposé avait plus un but de communication que de profit financier, et c'est pourquoi les localités ont été intéressées. Dans ce contexte, la ligne pourrait être envisageable et soutenue par le propre trafic local, à condition de pas chercher les hauts seuils de rentabilité qui sont la condition « se ne qua non » pour tout armateur. Malheureusement nous n'avons pas les éléments nécessaires pour le prouver et ceci devrait en tout cas être l'issue d'une étude de marché. Mais de notre point de vue, *la difficulté d'accès au marché, est un exemple d'obstacle au développement du cabotage.*

e) Une ligne de cabotage entre Bayonne et Southampton fut lancée le 14 septembre 1999 avec trois rotations hebdomadaires. Elle a arrêté ses opérations le 23 octobre, et elle a été relancée deux semaines plus tard mais avec une seule rotation hebdomadaire. Finalement, elle a été définitivement abandonnée la même année alors que le trafic devenait satisfaisant. Pour cette ligne, le marché était estimé à 165 000 camions par an. Selon les conclusions « Catram » la cause principale de la faillite est que « Le trajet maritime dure 38 heures, soit une dizaine de plus que le trajet routier. » D'autre part, l'importance croissante prise par Eurotunnel a aussi affecté la ligne. Sur ce facteur, le rapport indique : « Eurotunnel a fait tourner court la réouverture de la ligne Folkestone - Boulogne où, en 10 ans, sept opérateurs ont dû arrêter des lignes de ferry au départ de Boulogne ».

La ligne entre Bayonne et Southampton a été relancée en 2000 avec la participation d'un transporteur routier britannique « Falcon », la ligne a donc connu le succès et elle est même arrivée à trois rotations par jour. Malheureusement, la ligne a souffert des problèmes techniques du navire, jusqu'à sa fermeture définitive au bout d'un an. Cette ligne nous semble un bon exemple de *cabotage qui peut fonctionner et qui fonctionne même*, comme c'était le cas pendant l'année 2000 *mais qui a été laissé à l'abandon, en ce qui concerne les financements communautaires.* En conséquence, les lignes ne peuvent que fermer dès qu'un imprévu financier se présente.

## Quelques expériences de lignes de cabotage qui ont du succès

Maintenant, étudions donc quelques expériences de lignes de cabotage récemment implantées qui ont du succès. L'objectif est d'identifier les différences techniques, organisationnelles, de vocation ou de fonctionnement entre les lignes qui ont fait faillite et celles qui ont connu le succès. Existe-t-il des différences structurelles ? A quel point la distance entre ports d'origine et de destination détermine-t-elle le succès ou la faillite des lignes de cabotage ? Les conditions géographiques sont-elles la cause primordiale du succès ou de l'échec des lignes ? Si c'est le cas, quelles sont ces conditions géographiques ? Est-ce que la faillite ou le succès des lignes de cabotage, dépend du type de marchandises transportées ? Nous tenterons de répondre à ces questions à la fin de ce sous-chapitre. Résumons et analysons quelques cas de succès des lignes de cabotage.

a) Il existe l'idée que le transport de cabotage dépend fortement du type des marchandises transportées. Cette idée semble raisonnable si nous considérons que le tonnage transporté par cabotage est du même ordre de grandeur que les tonnages transportés par la route en Europe, mais la valeur des marchandises transportées n'est pas du tout comparable entre ces modes, ce qui signifie que le cabotage profite d'une quasi-exclusivité pour les vracs. Néanmoins, il existe aussi des marchandises de valeur considérable pour lesquelles le transport de cabotage a pris une place préférentielle. C'est le cas des voitures, comme la ligne entre Vigo et Le Havre, mise en fonctionnement par « Renault » et qui a été nommée « Compagnie d'affrètement et de transport » CAT. Cette ligne fut créée comme une partie de la chaîne logistique et de production de voitures « Renault ». *L'origine de son succès est là.* En d'autres mots le succès de la ligne était garanti avant son démarrage car le trafic était assuré à l'avance. En conséquence il faut faire la différence entre ce type de cabotage et le cabotage ouvert à toute concurrence, c'est-à-dire, la concurrence ouverte avec les autres modes de transport et ouverte aux différents chargeurs de tout type de marchandises. Dans ce cas nous pouvons dire qu'effectivement, le succès de la ligne est fonction non seulement du type de marchandise mais aussi d'une stratégie et d'une logistique du constructeur de voitures. Ceci signifie qu'un armateur indépendant n'aurait pas la même possibilité de succès parce qu'il ne peut en assurer lui-même la demande. Alors, nous avons un cas de *ligne de cabotage au succès conditionné à l'appartenance à une chaîne de distribution préétablie.*

Bien que cette ligne ait bien fonctionné, en ce qui concerne sa rentabilité, « Renault » a vendu la CAT au consortium « Alabateam » en 2001. Le consortium était composé des armateurs britanniques « Autologic Holding pic, du logisticien hollandais « TNT » et de l'armement suédois spécialiste en transport d'automobiles « Wallenius Line ». Dans le nouveau consortium, « Renault » est resté comme associé à hauteur de 20 %. Le motif de la vente selon « Renault » était de pérenniser la CAT et de la placer comme un des premiers acteurs mondiaux de logistique (Port Alliance No.133). Sans doute, cette vente a-t-elle permis à « Renault » de récupérer des capitaux, tout en s'assurant le service de la ligne et en se déliant de la responsabilité d'être armateur. Mais il faut aussi remarquer que si la ligne a été vendue à 80%, c'était une manière de garantir la pérennité par le biais d'un financement extérieur. Aujourd'hui, la CAT appartient au logisticien allemand « GmbH » qui s'est associé ultérieurement avec « Wallenius Line ». Dans ce cas que nous considérons « d'école », il est clair que *le succès de la ligne a été fonction d'une demande assurée et d'un fort financement multipartite.*

b) Autre cas des lignes de cabotage à succès : les *lignes transmanche* de Dunkerque à Douvres « Norfolk Line et Dart Line ». Ce type de lignes où existe le facteur de discontinuité terrestre qui joue en faveur de leur succès, a été appelé *Liaisons naturelles* dans des documents précédents (ISEMAR Note de synthèse no.53, mars 2003). Maintenant, si on les analyse en profondeur, dans notre cas, il est intéressant de voir qu'il y a d'autres facteurs qui comptent pour le succès, surtout en sachant qu'il existe le tunnel sous la Manche offrant une alternative hautement compétitive au transport maritime.

Le cas nous semble un exemple fort intéressant, car le transport par cabotage dans sa modalité RO-RO ou ferry s'est imposé sur la liaison ferroviaire qui permet un voyage quasi « tout route » entre le continent et l'Angleterre. Il a simplement fallu une régularité adéquate et des services à des prix accessibles pour réussir le cabotage, alors que l'Eurotunnel offre différents autres avantages comme une meilleure rapidité et flexibilité grâce à une seule inspection douanière de la marchandise à Folkestone, une plus grande variété d'horaires de départ (53 traversées/jour), un service de transport et d'information sur la marchandise 24/24 et un temps de trajet très court de 35min ([www.eurotunnel.com](http://www.eurotunnel.com)). Les services ferry eux n'offrent que 20 traversées par jour avec un temps de trajet de 2h sans compter le dédouanement et les files d'attente dans les ports. Ainsi, nous pouvons constater que *le prix est le facteur qui prime sur la flexibilité et la*

*rapidité du transport.* Dans ce cas, on peut attribuer le succès des lignes de cabotage sur l'Eurotunnel principalement au prix, *mais il ne faut pas oublier que le cas est particulier : l'insularité de l'Angleterre, fait que la réussite du cabotage ne soit pas nécessairement une affaire d'efficacité dans la concurrence modale.*

c) En mer Adriatique, nous avons aussi d'autres exemples de lignes de cabotage du type Ro-Ro et de marchandises conteneurisées Lo-Lo entre les ports italiens, albanais, grecs et turcs. Ces lignes comme la « Trieste-Dures » ont été favorisées non seulement par le long trajet qu'implique le contournement de l'Adriatique par terre, mais aussi par l'évitement de l'ex Yougoslavie à cause de son instabilité politique. Nous trouvons un autre cas de *cabotage d'évitement* en mer Baltique entre l'Allemagne et la Lituanie comme alternative à la traversée routière de l'enclave russe de Kaliningrad. Dans ce cas, il existe une composante géographique importante en faveur du choix du cabotage, principalement dans le cas de la ligne « Trieste-Dures », mais l'incertitude politique a joué de façon plus importante dans la décision.

d) Comme exemple de réussite et de consolidation des lignes, nous avons également les services Ro-Ro et Ro-Pax du groupe Grimaldi en Méditerranée. Leurs services communiquent entre les ports de Valence, Barcelone, Civitavecchia, Cagliari, Salerne, Palerme, Malte, Toulon, Marseille et Tunis. Le groupe a réussi à consolider ses lignes et a ouvert récemment deux lignes directes Civitavecchia-Cagliari-Valence et Civitavecchia-Cagliari-Barcelone en novembre 2003 et en janvier 2004. Ces ouvertures ont impliqué la mise en service de 5 nouveaux navires capables de transporter 110 poids lourds et la fréquence de rotation est hebdomadaire dans les deux cas. Aujourd'hui Grimaldi possède la plus grande flotte Ro-Ro du monde avec 50 navires ([www.finesettimana.it](http://www.finesettimana.it)). Cette réussite est due sans doute à plusieurs facteurs d'ordre géographique et économique. Après le suivi des activités du groupe entre 2000 et 2005, et selon les informations auxquelles on a pu accéder, nous attribuons sa réussite à :

- *Une géographie favorable*, car les villes et centres de production riverains de la Méditerranée peuvent communiquer plus facilement de façon directe par mer que par le contournement terrestre, grâce à la forme presque ovale du bassin

- *L'insularité de la Corse, la Sardaigne et la Sicile*, qui rend indispensable le transport maritime pour les marchandises, garantissant ainsi une demande minimale fixe
- *Les tarifs intéressants*, dans le cas du trafic roulant, les économies des péages par rapport au prix de la traversée rendent intéressant le cabotage, surtout dans le cas des trajets, Espagne – Italie, à cause des péages élevés des autoroutes françaises
- *Une bonne modalité du cabotage*, jusqu'à aujourd'hui, le groupe « Grimaldi » a développé ses activités, principalement la modalité du transport de passagers et du trafic roulant « Ro-Ro/Pax ». Nous considérons ce fait comme une des causes du succès car on a identifié le cabotage Ro-Ro comme un des types de cabotage les moins défavorisés dans la concurrence modale, mais aussi les moins pénalisés lors du passage portuaire (2.6.3)
- *Une vision à long terme et un soutien financier solide des lignes*, reflétés par les adaptations des lignes aux variations de la demande plutôt qu'une fermeture, dans le cas d'une basse rentabilité à court terme.

### **3.2 Les modalités des lignes de cabotage par rapport à leur organisation fonctionnelle et au type des navires**

Quand on parle du cabotage, parle-t-on d'une activité homogène ? Pour mieux comprendre les problèmes du cabotage, on peut aussi diviser ou classer l'activité par rapport à la nature ou à la vocation des lignes existantes. Ce classement nous a permis d'avoir une meilleure vision des nuances de l'activité et de mieux comprendre les raisons d'échec ou de succès des lignes mises en place. Il nous a été utile pour définir quelques points à prendre en considération pour la création des nouvelles lignes de cabotage, à l'avenir.

### **3.2.1 Les lignes de cabotage appartenant aux chaînes de distribution et de production industrielle**

Comme dans le cas des voitures, le transport par cabotage pour les produits chimiques et pour les produits papetiers est actuellement assez développé, principalement en Europe du Nord. Les causes qui ont favorisé ce développement sont multiples : l'insularité de l'Angleterre ; l'immense production forestière suédoise, finlandaise et norvégienne, ainsi que la presque insularité de ces dernières, la grande production française et allemande en général, et notamment de voitures, la densité de population qui est la plus forte d'Europe entre le nord de la France et de l'Allemagne et la grande densité portuaire sur la côté nord atlantique de cette même région.

Grâce aux conditions géographiques et surtout aux activités industrielles de la région, le cabotage a bien progressé dans l'Atlantique Nord. Mais ce progrès est limité surtout aux chaînes de distribution et production industrielle comme on a vu dans le cas des voitures des lignes CAT entre Santander et Le Havre, Vigo et Montoir, des produits forestiers et papetiers, comme dans le cas des lignes entre la Scandinavie et l'Europe du Nord (France, Belgique, Pays Bas et Allemagne) et des produits chimiques, qui sont la base du transport de cabotage en Europe. Dans cette modalité du cabotage, les chances de réussite des lignes sont plus élevées que dans les autres modalités, parce que le transport est une partie d'une chaîne industrielle et non seulement une option dans le marché du transport. Ce qui signifie que les industries (automobile, papetière, chimique) rattachées aux lignes ont tout intérêt à leur bon fonctionnement, constituant ainsi une source de financement solide et une garantie de demande de service. Pour la promotion du cabotage dans cette modalité, la question du type de produits à transporter par cabotage est primordiale. La réponse dépend des chaînes de production en fonctionnement et du positionnement géographique de ses composantes, ses sources de matières premières et ses marchés.

*Le développement de cette modalité dépendra donc des facilités que le cabotage pourra offrir aux chaînes industrielles dispersées géographiquement en Europe pour intégrer ses opérations individuelles.*

La situation idéale serait celle où divers types d'industries arriveraient à trouver une meilleure efficacité de leurs propres chaînes de production et de distribution en possédant une forte composante du transport de cabotage. Une situation dans laquelle les différentes industries définirait leurs propres ports de concentration « Hubs » et de rayonnement en fonction de la localisation de leurs lieux de production, de leur approvisionnement et des marchés à l'intérieur de l'Europe. Le développement des lignes de cabotage dédiées pourrait ainsi créer des « Hubs » spécialisés pour un ou deux produits éventuellement dans des ports qui, aujourd'hui, connaissent un déclin ou une stagnation de leurs activités maritimes. Pour les ports déjà bien positionnés dans le système « Hub and spokes » actuel (Fig.9), la promotion du cabotage ainsi que la possibilité de devenir un « Hub de cabotage » pour des produits particuliers, représentent sans doute une possibilité de croissance portuaire et une voie d'indépendance portuaire par rapport aux stratégies des grands armateurs mondiaux. Une telle organisation des lignes de cabotage consacrées aux industries spécifiques ne peut être que le produit de l'intérêt propre des industriels et de leurs partenaires pour améliorer la logistique interne et diminuer les coûts de production.

*Pour la promotion du cabotage dans cette modalité des « Lignes de cabotage appartenant aux chaînes de distribution et de production industrielle », nous considérons que revient principalement aux administrations portuaires et aux armateurs de navires de cabotage, l'opportunité de prendre des initiatives pour explorer, en accord avec les industriels, des nouvelles options de transport à forte composante de cabotage, pour augmenter l'efficacité de la logistique industrielle.*

De la part des ports, la participation pourrait passer par la prise en charge des études et de la coordination entre armateurs et industriels, pour la promotion des services portuaires dans la modalité de forfait ou de réduction des tarifs. La coopération pourrait même aller jusqu'à l'administration bipartite ou tripartite d'un quai réservé à une certaine industrie et à un type de produit spécifique, de façon à pouvoir opérer de façon ininterrompue et avec des délais et des coûts minimaux de stockage en port. De la part des armateurs, la participation pourrait exister par le biais du compromis de mise à disposition des navires selon les besoins industriels, l'adaptation technique des navires si nécessaire en fonction de la marchandise à transporter et l'adoption des itinéraires et des horaires adaptés aux besoins de la chaîne industrielle.

## **Les lignes de cabotage « obligatoires »**

Dans cette modalité de lignes, nous considérons tous les trajets de cabotage entre :

- Les ports des îles et les ports du continent, comme entre l'Angleterre, les Canaries, Majorque, la Sardaigne, la Corse, la Sicile, Malte, Crête et Chypre et le continent européen ;
- Les ports qui se trouvent opposés sur les extrémités et les golfes d'une mer fermée comme dans la Baltique, la Méditerranée et la Mer Noire ;
- Les ports de chacun des deux côtés d'un détroit ou canal comme les détroits de Calais, de Gibraltar, de Messine, d'Otrante, du Bosphore, le canal de la Manche et les mers de Skagerrak et Kattegat qui sont le passage obligé entre la mer du nord et la Baltique.

## **Les lignes de cabotage de récollection**

On considère comme lignes de cabotage de récollection les lignes des navires qui cabotent dans des circuits fermés comprenant plusieurs ports ou bien, sans itinéraire fixe et en touchant certains ports selon la demande. Dans cette modalité, il est fréquent de trouver des navires de divers types (vraquier, cargo, porte-conteneurs de première, deuxième et éventuellement de troisième génération et des navires Ro-Ro). Bien entendu, dans ce type des lignes, il existe une désorganisation plus marquée des opérations, par rapport aux autres modalités de ligne de cabotage, aussi bien au niveau de la navigation qu'au niveau des opérations portuaires. Ce type de lignes fonctionne en général avec peu de ressources financières et dans plusieurs cas, elles sont constituées par un seul navire (Annexe 3). La taille de leur armement, le financement insuffisant et les bas niveaux de trafics, mettent ces armements en position de faiblesse pour négocier auprès des autorités portuaires et des chargeurs, pour atteindre des niveaux de rentabilité correcte, pour offrir une plus grande rapidité des opérations et même pour avoir un traitement égalitaire par rapport aux grands armements, dans les ports. Souvent, dans les ports, leurs navires sont contraints d'attendre, s'il faut charger ou décharger un navire prioritaire, régulièrement des navires porte-conteneurs des grandes lignes transocéaniques. Certains auteurs ont

même nommé le cabotage « le cousin pauvre » du transport maritime. Cette *discrimination portuaire ou non-préférence* des trafics de cabotage est d'une certaine manière compréhensible, car les autorités portuaires cherchent surtout à réaliser des bénéfices et à fidéliser les trafics des grands armements mondiaux.

*Le problème de cette discrimination du cabotage, surtout dans le cas de navires porte-conteneurs Lo-Lo, explique que l'efficacité du cabotage en tant que mode de transport soit toujours réduite.* Une fois encore, les facteurs externes, jouent fortement dans le manque de performance du cabotage et contribuent au cercle vicieux dans lequel il se trouve (Fig.26), ainsi qu'à sa mauvaise réputation.

### 3.2.2 Les lignes de cabotage par rapport au navire

Pour tout mode de transport, les atouts ou les défauts des véhicules, peuvent influencer fortement le développement de son activité. Les avantages ou désavantages propres aux véhicules de transport, en l'occurrence *le navire de cabotage*, jouent de façon primordiale dans sa réussite commerciale en tant que mode, et en conséquence dans la concurrence modale des transports. Nous considérons donc qu'une étude des navires caboteurs s'impose, pour pouvoir approfondir les problèmes structurels du mode et pouvoir ainsi nous approcher de solutions plus réalistes, pour sa promotion.

#### Les lignes de cabotage Ro-Ro

Après avoir analysé les quelques cas de lignes de cabotage que nous considérons les plus représentatives de succès ou d'échec, il nous semble clair que la modalité de cabotage qui a connu le plus grand succès est celle du transport direct entre deux ports, par des navires Ro-Ro ou Ferries. Dans ce cas de modalité, nous trouvons l'explication de cette tendance de réussite par :

- Les liaisons directes ou avec un nombre réduit d'escales (une seule escale en général, s'il y en a) ;
- la facilité et la rapidité de la connexion mer – terre pour les acheminements et les post-acheminements de fret ;

- les tarifs portuaires moindres en comparaison avec les navires porte-conteneurs Lo-Lo ;
- les équipements portuaires spécifiques (rampes d'embarquement et de débarquement) ;
- le stockage nul de la marchandise pendant le transport de porte à porte ;
- une desserte et une fréquence régulière ;
- une responsabilité unique de la marchandise.

Les lignes de ferry comptent en général sur les trafics des itinéraires limités, c'est-à-dire, avec un moindre nombre d'escales, voire aucune, entre les ports d'origine et de destination finale de chaque rotation. Nous pouvons dire que les lignes Ro-Ro fonctionnent donc dans une modalité de « shuttle » ou voyage direct en faisant des aller – retour de manière régulière entre deux ports. La régularité de la fréquence et des horaires a démontré son efficacité pour l'attraction des trafics. Dans les cas de lignes « transmanche », *même si d'autres options de transport offrent une meilleure flexibilité des horaires, sur des délais d'un jour, il semblerait que le manque de flexibilité horaire soit en fait, facilement compensable par des prix plus compétitifs.*

Malheureusement, connaître la limite où les prix bas du cabotage peuvent être plus attractifs qu'une grande flexibilité horaire, est une tâche qui requiert des études précises et approfondies, auprès des acteurs de chaque liaison de cabotage en particulier. Or nous tentons d'offrir une vision du cabotage et des propositions pour sa promotion à l'échelle européenne, et pour cette raison nous nous contentons pour le moment, d'évoquer cette compensation des facteurs de choix modal sans prétendre l'évaluer.

*La facilité et rapidité de la connexion mer – terre est de notre point de vue le principal avantage du cabotage Ro-Ro car ce système permet un embarquement et débarquement direct à partir de la route. Ce fait, signifie une liaison mer – terre directe, sans intervention de manutention portuaire de marchandises ni de stockage entre les différents modes d'une chaîne de transport. Ce fait apporte de la souplesse au cabotage Ro-Ro et aux chaînes de transport dont il fait partie, donnant à cette modalité de cabotage un fort avantage de réduction de temps sur les autres types de navires caboteurs. La diminution des opérations portuaires (manutention et stockage) permet aussi une réduction des droits et des services portuaires qui contribue à la réduction des coûts de fonctionnement des lignes de cabotage Ro-Ro par rapport aux autres modalités du cabotage.*

D'autre part, le système Ro-Ro a uniquement besoin de rampes d'embarquement et débarquement comme installation portuaire spécialisée. Cette caractéristique offre aussi un énorme avantage en réduisant le temps d'attente des navires caboteurs pour accoster aux ports, car les rampes spécialisées ne sont pas partagées avec d'autres types de navires et en général elles ne sont jamais saturées. Cet avantage permet aussi une meilleure ponctualité de services des lignes ferry, facteur qui le favorise davantage par rapport aux autres modalités du cabotage. On peut dire que le cabotage Ro-Ro possède déjà des infrastructures portuaires spécialisées qui contribuent à son efficacité. En fait, on pourrait dire que *le transport Ro-Ro est la seule modalité de cabotage pour laquelle le passage portuaire n'est pas un ralentisseur de flux de fret, ni une entrave qui alourdit les coûts de fonctionnement.*

### **Les lignes de cabotage de fret conteneurisé Lo-Lo**

La modalité du cabotage que nous avons classée comme fret conteneurisé Lo-Lo, est sans doute la plus défavorisée en ce qui concerne les navires. Comme on l'a vu, la modalité des trafics de vracs est bien consolidée en raison de la nature des marchandises (ses volumes et sa valeur). D'ailleurs, ils constituent le poids principal des marchandises transportées par cabotage en Europe. On peut dire que, en ce qui concerne le navire, le cabotage des vracs est bien adapté. Quant au cabotage Ro-Ro, nous venons de voir que le navire est tout à fait bien adapté au trafic roulier, qui compte avec des installations portuaires spécifiques et que, grâce à ces atouts, le navire Ro-Ro apporte au cabotage de gros avantages en tant que mode de transport. Nous considérons que s'il existe des problèmes du mode de cabotage liés aux navires, ils sont minimes et ils se présentent surtout pour les navires de type « general cargo » et les porte-conteneurs Lo-Lo.

Le problème de ces types de navires est en fait lié aux opérations portuaires et à la manutention du fret. Ces types de navires caboteurs constituent « le cousin pauvre du transport maritime » dont on avait déjà parlé. En d'autres mots, les navires cargo et les porte-conteneurs caboteurs sont les plus pénalisés dans les ports. Il s'agit de navires de petite et moyenne taille, en général, de moins de 150 m de longueur et dans le cas des navires porte-conteneurs, leur capacité est rarement supérieure à 500 EVP. Nous

considérons donc qu'ils sont pénalisés par rapport à la modalité de cabotage Ro-Ro et aussi par rapport aux navires porte-conteneurs des grands armements parce que :

- les droits portuaires qu'ils doivent payer sont plus élevés que pour les navires Ro-Ro ;
- ils doivent aussi rétribuer une manutention que les navires Ro-Ro n'ont pas ;
- ils sont considérés comme non prioritaires dans les ports ;
- ils ne peuvent profiter de réduction des tarifs, à cause des faibles volumes transportés, contrairement au cas de super porte-conteneurs

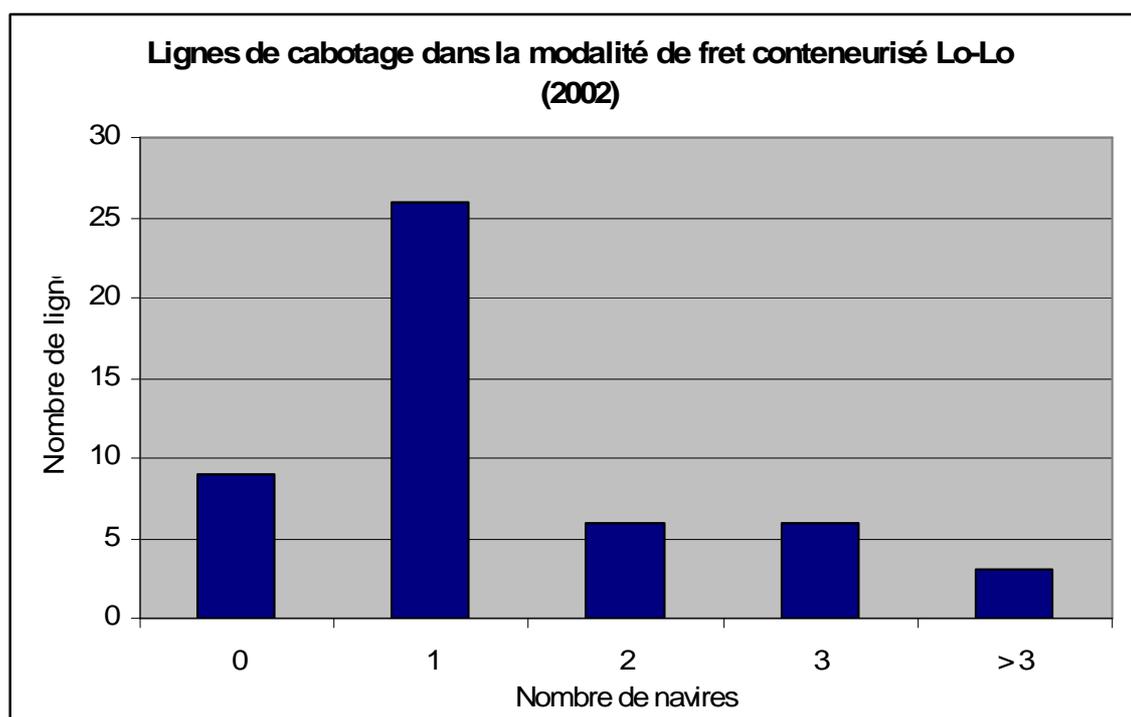
En conséquence, cette modalité de cabotage est confrontée à des problèmes majeurs pour « remplir les cales », cause pour laquelle près de la moitié, des lignes de cabotage, avec des navires porte-conteneurs Lo-Lo enregistrés en Europe, en 2001, n'ont pas de jours fixes de départ sur l'année, pour leurs rotations, même, si les itinéraires sont établis, et la durée de la traversée fixée et affichée pour les armateurs des chargeurs. Dans plusieurs cas, le manque de demande régulière et l'impossibilité financière de garantir un service régulier de la part des armateurs, obligent certaines lignes de cabotage à proposer des itinéraires (ports d'escale) sans aucune précision, ni sur la date du départ, ni sur le délai de transport, parce que les navires sont contraints d'attendre dans les ports jusqu'à ce que leur cales soient remplies au minimum pour permettre une certaine rentabilité. Nous présentons un tableau qui résume les caractéristiques des lignes de cabotage des navires porte-conteneurs dont nous venons de parler (Fig.30).

Les données des lignes de cabotage, ont été extraites de « *Conteneurisation International* » que nous avons considéré comme la source documentaire la plus complète, tant au niveau international qu'europpéen. Après plusieurs comparaisons avec d'autres sources, nous présumons que la liste pour 2002 est exhaustive. Dans tous les cas, notre objectif est d'exposer les données pour valider nos derniers arguments. De l'examen de ces données, nous pouvons observer quelques réalités qui constituent des désavantages importants pour cette modalité de cabotage, et le placent dans les sérieuses difficultés analysées préalablement.

**Fig. 30 Les caractéristiques des navires et des services des lignes de cabotage dans la modalité de porte-conteneurs Lo-Lo**

Armateur de la ligne de cabotage dans la modalité de fret conteneurisé Lo-Lo (2002)	Fréquence hebdomadaire	Départ fixe	Nombre de navires	Capacité moyenne par navire [EVP]
Ethiopian Shipping Lines	21 / jours	Non	6	2692
Egyptian Navigation Co	15 / jours	Non	5	1285
Grimaldi Group	10 / jours	Non	4	1008
Turkon Konteyner Tasimacilik ve Denizcilik AS	1	Oui	3	1276
Navigation Maritime Bulgare	1	Oui	3	1326
Transportes Maritimos Insulares SA	1	Non	3	511
Maersk Sealand	1	Oui	3	4928
NYK, Portlink, Holland Mass Shipping BV, Gmbh, Oldenburg-Portugeishe	2	Oui	3	1154
Mediterranean Shipping Co SA	1	Oui	3	2963
Mediterranean Shipping Co SA	1	Non	2	1796
Borchard Lines Ltd	1	Non	2	1019
Borchard Lines Ltd	1	Non	2	856
Portline-Transportes Maritimos Internacionais SA	2 / mois	Non	2	548
Oldenburg-Portugeische Dampfschiffs-Rhederei	2	Oui	2	748
Andrew Weir Shipping Ltd	2	Oui	2	838
Feeder Associate Systems Sarl	1	Non	1	516
Sarlis Container Services Saalerno	2 / mois	Non	1	1102
Sudcargos	1	Non	1	307
Sudcargos	3	Oui	1	310
Zim Israel Navigation Co Ltd	9 / jours	Non	1	1181
Fast line	1	Non	1	324
Navigation maritime Bulgare	*	Non	1	450
Navigation maritime Bulgare	8 / jours	Non	1	368
Demline Egypt for Maritime Transport	1	Oui	1	160
Feeder associate Systems Sarl, CMA CGM	1	Non	1	297
Oldenburg-Portugeische Dampfschiffs-Rhederei	2	Oui	1	374
X-Press Container Line (UK) Ltd	10 / jours	Non	1	600
Mediterranean Shipping Co SA	1	Oui	1	1429
Mediterranean Shipping Co SA	1	Oui	1	1055
Maersk Sealand	1	Oui	1	1162
Compania Trasatlantica Espanola SA	1	Oui	1	700
Compagnie alegre-Libyenne de Transport Maritime	1	Non	1	220
Sius di Navigazione Srl	1	Oui	1	574
Maersk Sealand	1	Oui	1	923
United Feeder Services LP	1	Oui	1	605
Van Uden Maritime BV	1	Non	1	448
Mediterranean Shipping Co SA	1	Oui	1	1055
EuroFeeders Ltd	1	Oui	1	380
Kawasaki Kisen Kaisha LtdEuroFeeders Ltd	1	Oui	1	332
Atlas Societe Marocaine de Navigation SA	1	Non	1	323
Van Uden Maritime BV	1	Non	1	448
Companie Maritime Marfret	3	Oui	**	-
Turkish Cargo Lines	1	Non	**	-
Byblos Transport Shipping Sarl	10 / jours	Non	**	-
Zim Israel Navigation Co Ltd	1	Oui	**	-
Compagnie Marocaine de Navigation	2 / mois	Non	**	-
Orient Overseas Container line Ltd	1	Non	**	-
Andrew Weir Shipping Ltd	1	Oui	**	-
Portlink, Rhederei GmbH & Co KG	1	Oui	**	-
Oldenburg-Portugeische Dampfschiffs-Rhederei	1	Oui	**	-

© H. Martell, 2005, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre, à partir de données ci-online

**Fig. 31 Le cabotage européen de porte-conteneurs Lo-Lo en 2002**

© H. Martell, 2005, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre, à partir de données ci-online

Après une analyse simple des données, on peut constater que :

- 76 % des lignes offrent seulement un départ hebdomadaire ;
- seulement 50 % des lignes ont un jour fixe de départ ;
- 50 % des lignes comptent un seul navire, 14 % comptent 2 navires et 18 % ne possèdent pas de navire ;
- la capacité moyenne des navires est de 580 EVP et 37 % de la flotte est de moins de 400 EVP

Ainsi l'interprétation des dernières observations met en évidence l'existence des freins suivants dans les services des navires de cette modalité :

- la faible fréquence qui provoque un éloignement de la demande potentielle du service à cause d'une flexibilité nulle ;
- l'insécurité de la date de départ qui n'offre aucune garantie sur la date d'arrivée de la marchandise à destination, ce qui peut impliquer des frais de stockage onéreux ;
- la difficulté d'accession des entrepreneurs aux marchés du cabotage et les problèmes de financement inhérents à toute entreprise petite et moyenne ;

- la faible capacité des navires qui, dans le cas d'une forte demande, peut se traduire par une incapacité à satisfaire le marché, notamment dans le cas d'une augmentation soudaine de cette demande ;
- le vieillissement de la flotte, car il s'agit de navires porte-conteneurs de première et de deuxième génération, âgés de 40 à 25 ans, âge qui peut accroître considérablement les frais d'entretien et de fonctionnement du navire.

Après avoir identifiés et analysés les caractéristiques et les désavantages du transport maritime du cabotage, selon les modalités proposées et en connaissant celles liées aux ports, nous considérons l'environnement de l'activité du cabotage en Europe abordé et décrit suffisamment. Il est clair que la promotion du cabotage est complexe, que le statut actuel de l'activité ne lui est pas favorable et que la différence d'intérêts des acteurs impliqués, rend plus difficile le développement du cabotage.

### **3.3 L'augmentation du cabotage intra européen, un challenge multi-acteurs**

Jusqu'ici nous avons traité du cabotage de marchandises en général et nous avons tenté de l'analyser, bien que brièvement sous toutes ses formes. Ensuite, nous avons classé le cabotage en modalités par rapport aux marchandises transportées, aux navires utilisés et au fonctionnement des lignes, pour mieux en cerner ses particularités, afin de pouvoir déceler les facteurs qui empêchent son développement. On a vu que le cabotage des vrac constitue une activité très développée avec un marché déjà stable, et s'il a progressé de façon quasi parallèle à la croissance du transport routier, c'est précisément grâce à la nature de la marchandise, laquelle est inintéressante pour le transport routier. Alors, le point faible du cabotage, en ce qui concerne la marchandise, est le manque de captation de marchandises de moyenne et haute valeur ajoutée, en d'autres mots, la marchandise conteneurisable (du point de vue économique). Bien entendu, ce type de marchandise est aussi transportable et transportée, majoritairement aujourd'hui, par les poids lourds. C'est donc ce type de marchandises qui intéresse principalement l'Union européenne quant au transfert des trafics des autoroutes vers le cabotage. Ce type de marchandises fait donc l'objet des efforts pour développer le cabotage. C'est pour cette raison que, par la suite, nous parlerons du cabotage en nous référant exclusivement au cabotage des marchandises conteneurisables.

### 3.3.1 La position des armateurs

L'activité de cabotage est, pour les armateurs, un créneau du transport maritime d'attractivité moyenne voire nulle, en raison de sa faible rentabilité par rapport à l'activité maritime de « long cours » et au marché du transport transocéanique. Les faibles bénéfices que le cabotage peut apporter, en comparaison du marché des lignes de « tour du monde », sont à l'origine du désintérêt des armateurs. On peut dire qu'actuellement, il existe une surcapacité de l'offre de cabotage pour la marchandise conteneurisable. Mais cette surcapacité a comme origine la demande faible, voire même décroissante, par rapport à la capacité de la flotte des navires existants. Nous pouvons facilement le conclure après un examen des données de l'offre des lignes maritimes de cabotage. (Annexe 3). Si on compare la fréquence hebdomadaire, de départ des navires (fréquence des rotations) par rapport aux itinéraires qui, dans plusieurs cas, ne comportent que seulement quatre ou cinq ports, il n'est pas difficile d'imaginer qu'il existe une demande faible par rapport à l'offre. Cet argument est renforcé quand on sait que la moitié des « lignes régulières » de cabotage ne possèdent pas un jour fixe de départ, ce qui signifie qu'ils n'ont jamais une stabilité de la demande et que les armateurs de ces navires se voient obligés d'offrir des services médiocres par rapport à la flexibilité et à la rapidité de transport.

Alors, les armateurs préfèrent que leurs navires attendent dans les ports respectifs de rattachement (où les « coûts morts » sont inférieurs aux autres ports) plutôt que de fermer les lignes. Il est donc évident, que de nos jours, le cabotage ne soit pas attractif pour les armateurs, à cause de la faible perspective de bénéfices et ceux qui, actuellement, possèdent des lignes de cabotage, se trouvent un peu dos au mur. D'un côté, leurs navires porte-conteneurs de première et deuxième génération ne sont plus rentables, pour les voyages transocéaniques, à cause de la forte concurrence des grands armateurs et des super porte-conteneurs. D'un autre côté, leurs navires sont spécifiques pour le transport de conteneurs, ils sont donc obligés de chercher du fret sur le continent où le transport routier est roi car il a été favorisé (2.5.2 et 2.5.3). Voilà l'obstacle : les faibles bénéfices, les coûts fixes de fonctionnement des navires âgés de 25 à 40 ans, et surtout le fort investissement que l'achat des nouveaux navires représente pour les armateurs. Cet obstacle oblige les

armateurs des navires caboteurs à maintenir une situation du « moins pire ». En essayant de réfléchir comme un armateur de cabotage actuel (rappelons-nous, plus de la moitié avec un seul navire) le choix de maintenir une situation de service médiocre, de stagnation et de survie de l'entreprise paraîtrait la seule alternative à la vente (sans doute bradée) de la ligne, ou plutôt, du navire tout court.

Sans doute, existe-t-il une forte volonté des armateurs de navires caboteurs et de grands armements de développer le cabotage, mais, pour les premiers, la situation générale est critique. Même si quelques armateurs ont identifié les défaillances à pallier et de nouveaux services à offrir qui pourraient les sortir de la situation de stagnation, le financement leur fait défaut. Pour les seconds intéressés potentiels, les grands armements européens, le principal intérêt se trouve dans le transport transocéanique.

Certes, plusieurs d'entre eux ont aussi quelques lignes de cabotage et participent un peu comme partenaires dans des lignes existantes. Mais leur vision du cabotage est, plutôt, celle d'une « espèce » d'activité de faible intérêt par elle-même. La partie du cabotage qui peut intéresser les grands armements est celle du « *feederling* » pour l'intégration de leurs propres trafics transocéaniques, mais de toute évidence, ils ne sont pas intéressés par le cabotage des échanges intracommunautaires.

Il n'existe pas une vision réelle du développement de l'ensemble du cabotage européen, car tout simplement « ce n'est pas rentable ». A quoi bon investir pour des faibles résultats ? Pourquoi faire eux-mêmes du cabotage alors que d'autres le font et très bon marché ? De toute façon, si le peu de cabotage actuel n'existait plus, ce ne serait pas gênant. Le substitut du cabotage, « le cabotage routier », pourrait tout résoudre pour satisfaire la demande de transport de « *feederling* » des grands armements. N'est-il pas vrai ? Alors, pour les grands armements européens, quel pourrait être l'intérêt de développer le cabotage ? Enfin, nous reviendrons plus loin sur notre point de vue et nos propositions, dans les conclusions de ce chapitre.

### 3.3.2 Les ambitions des administrations portuaires

Les ambitions actuelles des administrations portuaires et de la concurrence inter portuaire en conséquence, visent principalement le créneau du transport de conteneurs. Le conteneur est l'unité standard du commerce maritime par excellence (1.1) et donc, la réussite au présent ainsi que l'avenir des ports de commerce, dépend primordialement de ce type de trafic. D'autre part, on peut dire que les trafics de vracs solides et liquides sont plutôt stables dans les ports, c'est-à-dire, qu'ils sont des créneaux déjà assurés de l'activité portuaire ou au moins, peu risqués.

*En fait, les vracs en tant que créneau d'activité portuaire, dépendent surtout de l'arrière pays économique immédiat des ports, principalement de la production industrielle, de la production de matières premières et de produits agricoles sur des zones proches des ports. Par contre, les trafics de conteneurs eux, dépendent plus de l'arrière pays économique intermédiaire et lointain des ports, principalement de la production industrielle et la consommation des produits élaborés ou industriels. Cette différence d'arrière pays a pour conséquence une forte fidélisation, voire un attachement complet des vracs, aux ports, en fonction de leurs arrière-pays immédiats, alors que dans le cas des conteneurs, au contraire, il existe une grande fragilité de l'attachement des trafics aux ports et une faible fidélisation des armateurs et des chargeurs.*

Nous l'affirmons sur la base du raisonnement suivant : les grands ensembles industriels ont été implantés à proximité de la mer avec les villes nécessaires pour soutenir leurs activités ou bien, ils ont été créés à partir des villes portuaires, à l'origine, dédiées à la pêche. Beaucoup de grands centres urbains ont été localisés loin à l'intérieur du continent pour des raisons historiques de défense, de carrefour commercial ou purement politiques. Ainsi, Ils n'ont pas beaucoup développé d'activités industrielles autour d'eux-mêmes ou bien, ils se trouvent maintenant à une étape de substitution des activités industrielles par des activités tertiaires. Si l'on admet cela, Il existe en conséquence, une demande majeure de produits finis pour la consommation, dans les centres urbains de l'intérieur du continent plutôt que dans les centres urbains côtiers. En même temps, il existerait une demande plus faible des produits de base pour les centres urbains et industriels intérieurs par rapport aux centres côtiers qui sont de taille supérieure. Ainsi les

produits finis ou semi-finis, transportés principalement par conteneurs, auraient donc un arrière-pays économique plus éloigné alors que les produits de base transportés principalement en vrac, auraient un arrière pays économique plus refermé sur les côtes.

Pour cette raison, le créneau du trafic de marchandises en vrac, est pour les ports en général, un commerce captif et plutôt stable au niveau des volumes. En contrepartie, le créneau du trafic de conteneurs est pour les ports, une activité fortement menacée par la concurrence intra-portuaire, malgré la localisation exceptionnelle de certains ports. Ceci provoque un intérêt fort et grandissant des autorités portuaires, pour fidéliser les trafics de conteneurs. De plus, les marchandises conteneurisées possèdent en général une plus haute valeur ajoutée que les marchandises en vrac. Les tarifs des droits portuaires qui sont appliqués à leur passage dans les ports sont plus élevés que les tarifs appliqués aux marchandises en vrac.

Pour les autorités portuaires, le principal trafic à développer est celui des conteneurs : c'est le trafic le plus stratégique et le plus rentable. Il est aussi l'enjeu principal de la concurrence intra portuaire si l'on accepte de façon générale, que les arrière-pays portuaires pour les marchandises en vrac, soient plutôt stables. Le développement de l'influence des ports, c'est-à-dire, de leurs arrière pays, doit se baser principalement sur l'augmentation des trafics conteneurisés. D'autre part, on assiste à des expansions d'infrastructures portuaires spécialisées, à des augmentations d'équipements pour les trafics de conteneurs, et à la naissance des terminaux à conteneurs, pour capter au maximum les trafics transocéaniques et obtenir pour les ports le statut de port de concentration « Hub » (1.3 et 1.4). Mais les trafics transocéaniques « *ne sont pas la seule source de conteneurs* » ; les autorités portuaires en général, ont négligé jusqu'à aujourd'hui l'importance que le cabotage pourrait avoir comme source de trafics de conteneurs.

Prenons, le cas d'une liaison possible entre le port du Havre et celui de Santander. Prenons le trafic existant de marchandises conteneurisables qui empruntent la route entre la région Cantabrique en Espagne, qu'on peut considérer comme appartenant à l'arrière pays « naturel » du port de Santander, ainsi que la Haute Normandie et la Basse Normandie, que l'on pourrait considérer comme l'arrière-pays « naturel » du port du Havre. Le trafic en 1999 fût de 5375 ton/an dans le sens Cantabrique - Normandie et de

7756 ton/an dans le sens Normandie - Cantabrique, soit 13131 tonnes (Annexe 2). Si l'on considère qu'un conteneur maritime de 40 pieds contient en moyenne 25 tonnes, un transfert hypothétique de la route vers le cabotage de 100% du tonnage, aurait signifié pour le port du Havre et pour le port de Santander un trafic additionnel approximatif de 525 conteneurs (1050 EVP) pour cette année.

A première vue, cela peut paraître peu, mais ce chiffre correspond seulement aux échanges routiers entre la Normandie et la Cantabrique. Si l'on fait les mêmes suppositions à une échelle plus grande, pour le trafic routier entre la France et la péninsule Ibérique pour la même année, il aurait été de 35211000 tonnes (Enquête transit 1999, Ministère de l'Équipement des transports et du logement). Il en résulte un volume de conteneurs de 1408440 soit 2816880 EVP, ce qui équivaut à 130 % du trafic de conteneurs du Havre, pendant l'année 2004. Nous ne prétendons pas dire que les ports du Havre et de Santander auraient pu capter ce volume de trafic, mais que le cabotage entre les ports des deux pays pourrait donc s'approprier des volumes de marchandises non négligeables, si les conditions organisationnelles et d'efficacité du mode étaient améliorées afin de pouvoir concurrencer le transport tout route de façon effective.

Finalement, il faut affirmer que le cabotage, toujours considéré comme un créneau peu intéressant de l'activité portuaire, peut devenir une source de revenus importants pour les ports. Mais avant tout, il faudrait que les ports réfléchissent au cabotage, non comme à une activité secondaire, mais comme à une activité à développer, pour laquelle il faudra innover au niveau des installations, des services portuaires et des tarifs. Le cabotage pourrait être un appui pour développer les ports, indépendamment des changements de la stratégie des grands armateurs internationaux, à condition que les administrations portuaires en général, soient capables de changer leur regard sur le cabotage, et qu'elles l'admettent comme un créneau du marché portuaire indépendant, auquel on doit destiner des ressources et développer des stratégies propres et adaptées aux conditions spécifiques de son activité.

### 3.3.3 Les acteurs politiques

Pour les acteurs politiques en général, la promotion et le développement du cabotage sont une volonté générale et un objectif largement annoncé. L'Union européenne, les pays, les régions et les collectivités locales, sont tous d'accord pour la réduction du trafic de poids lourds sur les autoroutes, pour le désengorgement des passages routiers et pour bénéficier des avantages écologiques que le transfert des trafics de la route vers la mer impliquerait. Nous avons discuté auparavant de la politique communautaire des transports, des objectifs pour le cabotage, des études qui ont été menées pour sa promotion ainsi que du niveau des aides que le cabotage reçoit par rapport aux autres modes de transport (2.4 et 2.5).

Il nous reste à dire que : *la volonté politique doit devenir une aide effective au développement du cabotage, par le biais du financement, de la déréglementation de l'activité et de l'égalité des conditions administratives, pour éliminer ainsi les désavantages externes du cabotage dans la concurrence modale de transport.*

### 3.4 Les opportunités de transfert routier de fret vers le cabotage

Nous poursuivrons afin d'estimer le potentiel de fret routier transférable vers le cabotage. Nous ferons donc l'hypothèse que toute marchandise transportée par camion est susceptible d'être transportée par navire, dans des conteneurs maritimes, caisses mobiles ou remorques. Techniquement, le transport maritime des différents engins contenant utilisés pour le transport routier est possible, et même les camions et les remorques accompagnées dans la modalité de cabotage ferry ou « Ro-Ro ». Sur la base de cette possibilité technique, nous commencerons par analyser la circulation routière de marchandises pour éclaircir la distribution géographique de ses flux.

#### 3.4.1 La circulation routière des échanges intra européens

Les échanges de fret routier sont intégrés par le transport routier national et international de chaque pays. Nous nous intéressons particulièrement au transport international, lequel constitue les échanges intra européens. Quant au transport routier

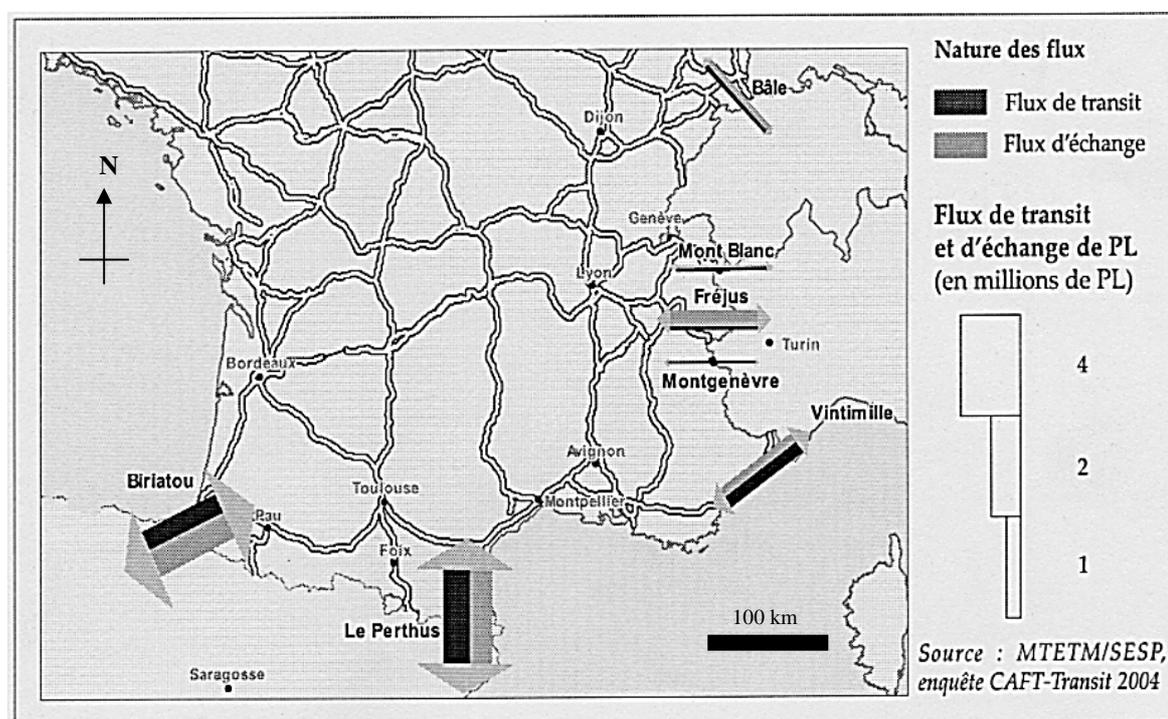
national, il s'est développé de façon différente dans les pays de l'UE selon le propre développement économique de chaque pays, mais on peut dire, qu'il y a eu une grande impulsion depuis les années quatre-vingt en Europe occidentale. Nous considérons, à priori, que le transfert éventuel des échanges routiers entre pays de l'Union, est la principale source potentielle de fret pour le cabotage. A l'intérieur de chaque pays, les courtes distances, et le caractère terrestre du transport, font de la route ou d'un autre moyen de transport terrestre, une meilleure solution de transport, et donc le cabotage est hors concurrence. Seul dans des pays à plusieurs façades maritimes et avec des territoires importants comme la France, l'Espagne, l'Italie ou le Portugal, le transport des échanges nationaux par cabotage pourrait être éventuellement envisageable. Nous nous sommes basés sur la circulation routière des échanges intra européens pour estimer le potentiel de fret transférable vers le cabotage.

Dans tous les cas, le potentiel transférable de fret routier national vers la mer serait de moindre proportion par rapport au fret international du pays en question. On peut compter aussi sur le fait que, si le transfert de fret routier international vers la mer, se réalise un jour, les échanges routiers nationaux susceptibles d'être transférés vers la mer, seront transférés par les mêmes transporteurs, quand le cabotage aura démontré ses avantages. D'autre part, l'ambition d'échelle européenne de notre analyse se heurte au manque de données du transport routier fiables et homogènes. Il existe des recensements plus ou moins précis par pays, mais le manque d'homogénéité ne les rend pas comparables, et de plus, les différentes échelles géographiques utilisées nous empêchent de faire des extrapolations de données. Pour ces trois raisons : le manque d'homogénéité de données, les différentes échelles géographiques des sources et la moindre proportion du potentiel de fret national routier transférable au cabotage, nous avons décidé de poursuivre l'analyse uniquement sur la circulation des échanges internationaux.

En ce qui concerne les échanges internationaux nous avons choisi comme source d'information « l'Enquête de transit 1999 » car nous considérons que c'est la source de données du trafic routier de marchandises la plus extensive du point de vue géographique : le passage des Pyrénées représente un point presque central de l'espace de l'Europe occidentale, et par conséquent, la plus grande partie du trafic routier de « long cours » ou « international » est obligé de franchir ce passage, en particulier la totalité du trafic entre la péninsule ibérique et le reste du continent. Le trafic routier recensé montre bien le

caractère fortement international du trafic franchissant ce passage : presque la moitié du trafic recensé, a été celui du trafic international entre la péninsule ibérique et l'Europe centrale et de l'Est. Cette enquête offre aussi un bon niveau de détail des données et elle est la plus récente. Elle a été réalisée aux passages transpyrénéens de Biriadou, du Perthus et des passages routiers centraux entre la France et l'Espagne. Nous considérons que l'enquête est le reflet d'une partie importante de la circulation routière de marchandises au niveau européen et nous nous en servons pour estimer le potentiel de transfert de fret routier. Nous reconnaissons qu'à cette estimation, il manque une partie importante de flux routier entre la France et les pays d'Europe centrale ainsi qu'entre la France et les pays de l'Europe du nord. Une enquête de transit similaire réalisée en 1999 aux passages alpins du Mont Blanc, Fréjus, Montgenèvre et Vintimille, est aussi utilisée, mais sans avoir la même qualité de détail faute de données originales de l'enquête. Néanmoins, l'essentiel des flux et des villes d'origine et de destination des flux de la frontière sud-est de la France sont pris en compte. C'est le même cas pour l'enquête de trafic routier au passage de Bâle entre la France et la Suisse.

### Carte 3. Flux totaux de poids lourds par les points de passage frontaliers recensés dans l'enquête de 2004



Des enquêtes similaires sur les frontières est et sud de l'Allemagne seraient souhaitables pour croiser l'information et compléter un schéma de circulation routière européenne, cependant, nous considérons détenir, en dehors de cette observation, un bon niveau d'approche de la circulation du fret routier. Les trafics de marchandises entre l'est de la France et l'Europe centrale ainsi qu'entre le sud-est de la France et le nord de l'Italie, nous semblent moins déterminants pour le possible transfert « route-mer », car ils seront acheminés, presque inéluctablement, par route à cause de la proximité entre ces régions géographiques. D'autre part, il existe des trafics routiers entre la région d'Aquitaine et celle de Nieder-Saxe, ou entre la région de Languedoc-Roussillon et le centre de l'Italie, par exemple, qui nous échappent et qui se trouvent parmi les trafics ayant le plus de possibilités d'être transférés vers le cabotage. Enfin, après l'analyse de différentes sources de données, nous avons retenu l'enquête de transit 1999 pour analyser les flux routiers de marchandises et pour estimer un potentiel de transfert au niveau de l'Europe occidentale.

Le transport routier est en constante augmentation en Europe et il progresse chaque année de façon plus importante que les autres modes de transport. Dans le cas du passage pyrénéen, le trafic en 1999 avait augmenté de 75 % par rapport à 1992, presque le double en sept ans. Quant à sa composition, les 46 % du trafic, c'est-à-dire, 5847 PL/j en moyenne, ont été réalisés par le trafic international entre la péninsule ibérique et l'Europe centrale et de l'est, en transitant seulement par la France, tandis que les échanges entre la France et la péninsule ont atteint les 54 %, c'est-à-dire, 6824 PL/j en moyenne. Par rapport à 1992, il y a eu une augmentation de 5392 PL/j tous trafics confondus. Pour faire une première estimation sommaire, si on considère que la marchandise transportée par un poids lourd est transportable dans un conteneur maritime de deux EVP, et en supposant que l'augmentation aurait été captée par le cabotage, en 1999, les cales d'une flotte de 6 navires porte-conteneurs de 2000 EVP auraient été remplies de façon quotidienne. Bien évidemment, le transfert ne peut être aussi simple, mais ce calcul superficiel nous donne une idée de grandeur du possible transfert, et nous montre bien que le cabotage possède un marché potentiel non négligeable.

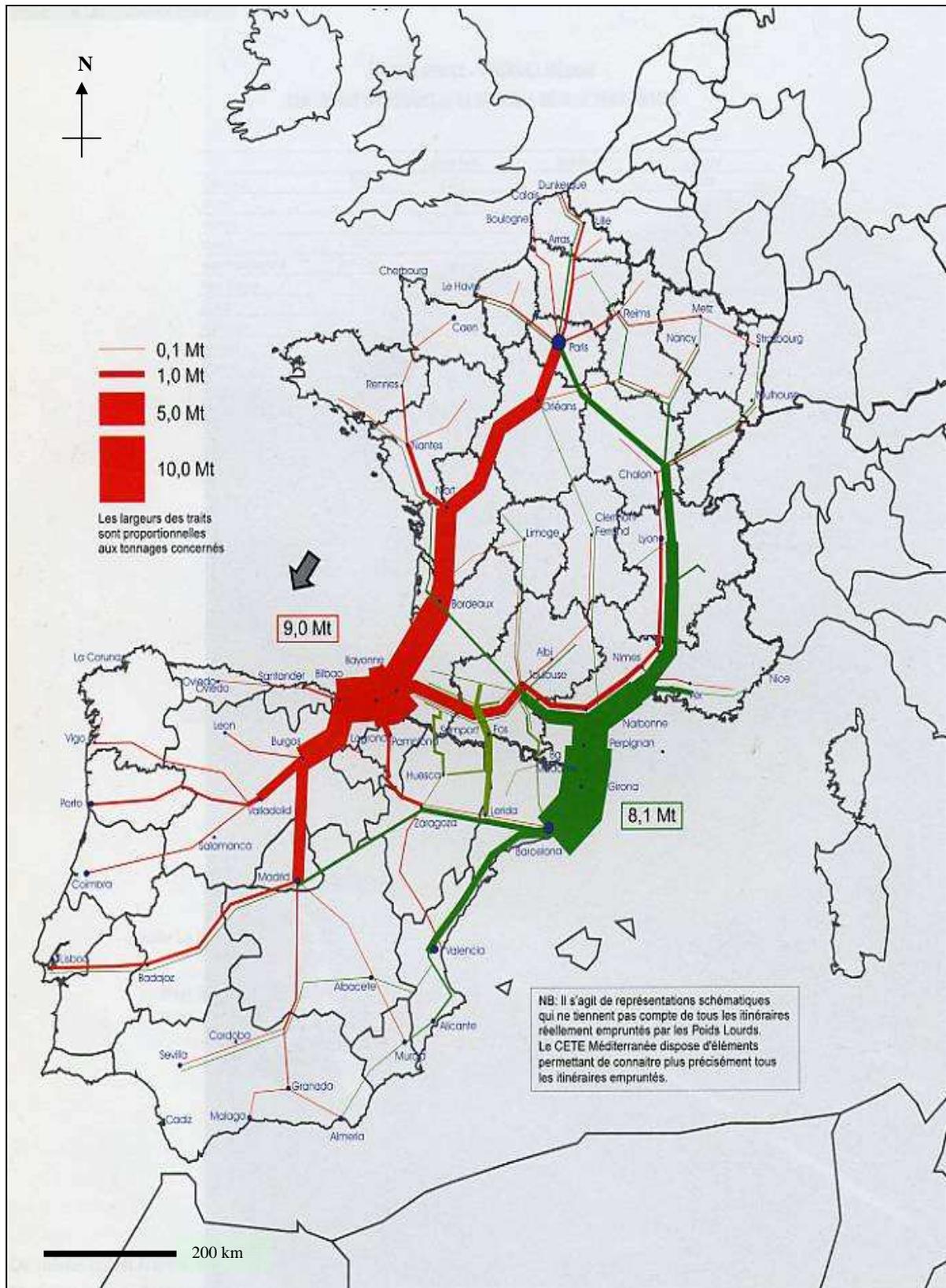
En observant de plus près les flux et leur distribution géographique, on peut voir qu'il existe un manque d'homogénéité dans la distribution des trafics, certaines régions et certaines villes attirent plus de trafics que d'autres, en d'autres mots, il y a des couples

d'origine et destination plus intéressants par rapport aux volumes potentiels de transfert. Mais, quels sont ces couples d'origine et destination à fort intérêt ? Quel est leur potentiel de transfert ? Nous essaierons de répondre à ces questions pour conclure ce chapitre. Il faut remarquer que pour le trafic de transit, l'Allemagne est le pays le plus important en tonnage pour le commerce de marchandises avec la péninsule ibérique. Dans le cas de l'Espagne et de l'Allemagne, le tonnage total dans les deux sens est passé de 6,1 Mt en 1992 à 9,4 Mt en 1999 et entre l'Espagne et l'Italie de 3,7 Mt à 7,0 Mt pour la même période. Ces augmentations déjà spectaculaires doivent se confirmer aujourd'hui, en suivant la croissance moyenne de 13% du transport routier au niveau européen.

Nous présentons quatre cartes issues de l'enquête de transit, qui montrent clairement les trajets et l'intensité de flux routiers mesurés en millions de tonnes transportées (Carte 4 à Carte 7). Elles représentent les trafics des échanges entre la France et la péninsule ibérique, ainsi que les échanges entre la péninsule ibérique et le reste des pays européens déjà évoqués hors la France. On peut observer que dans la péninsule ibérique, les principales villes pour la réception et le dispatching de trafics, soient à peine au nombre de treize tandis qu'en France on peut identifier vingt et une principales villes, nœuds du transport routier (Fig.32).

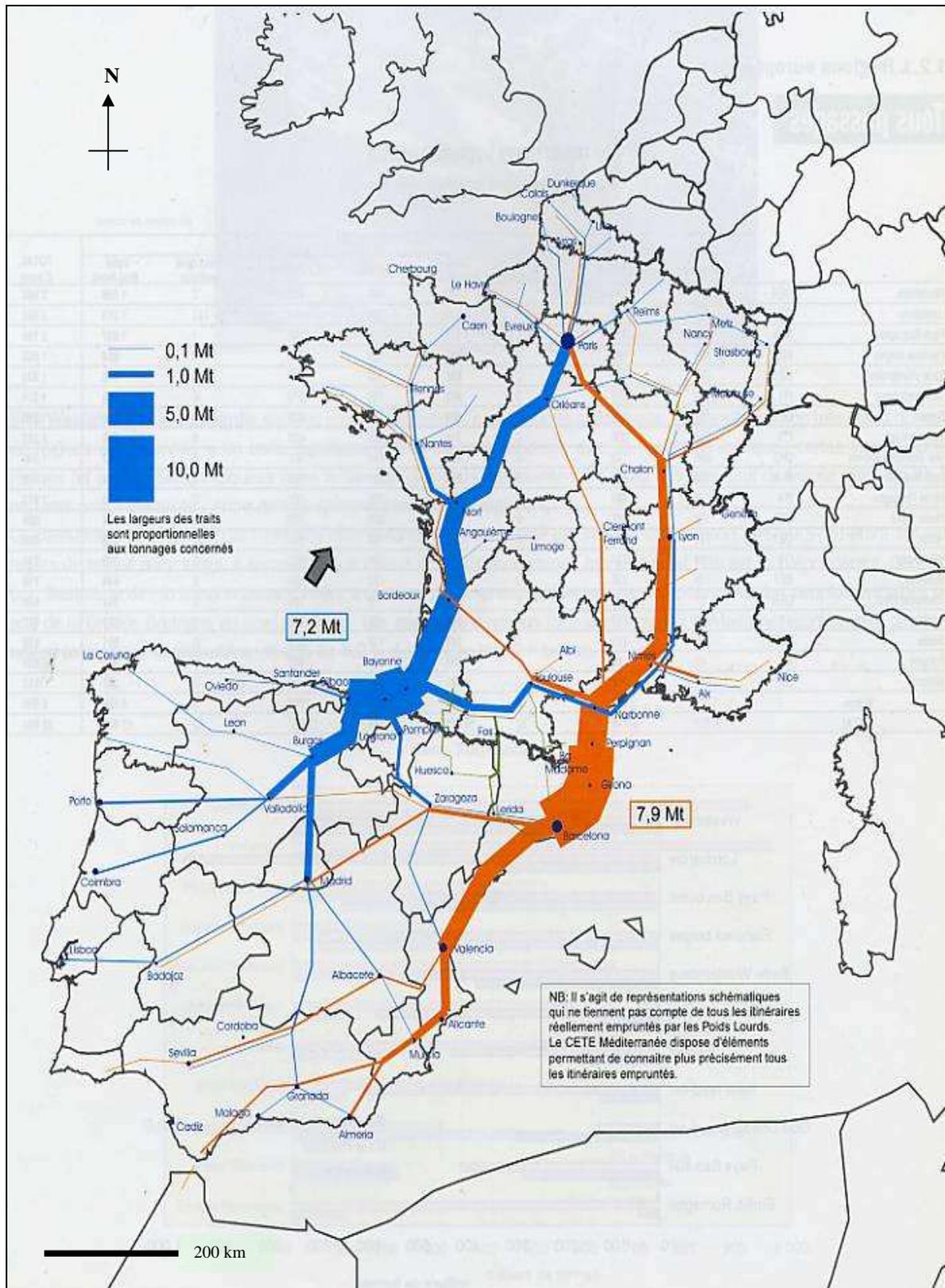
Quant au trafic du transit on peut constater le même phénomène, et on peut voir que les flux sont concentrés sur les mêmes axes. Les flux suivent le tracé des autoroutes mais ils cherchent aussi à toucher les principales villes, lesquelles servent aussi de nœuds régionaux de redistribution des flux, par exemple : Barcelone, Valence et Châlon. Il faut souligner que la position géographique intermédiaire de la France, lui donne une énorme importance comme territoire de passage obligé du trajet routier pour les échanges d'autres pays européens. En effet, on peut dire que sur le territoire français, plus de la moitié, 53% du trafic routier total est constitué du transit des échanges entre les autres pays européens.

### Carte 4. Échanges routiers transpyrénéens de marchandises dans le sens Nord-Sud



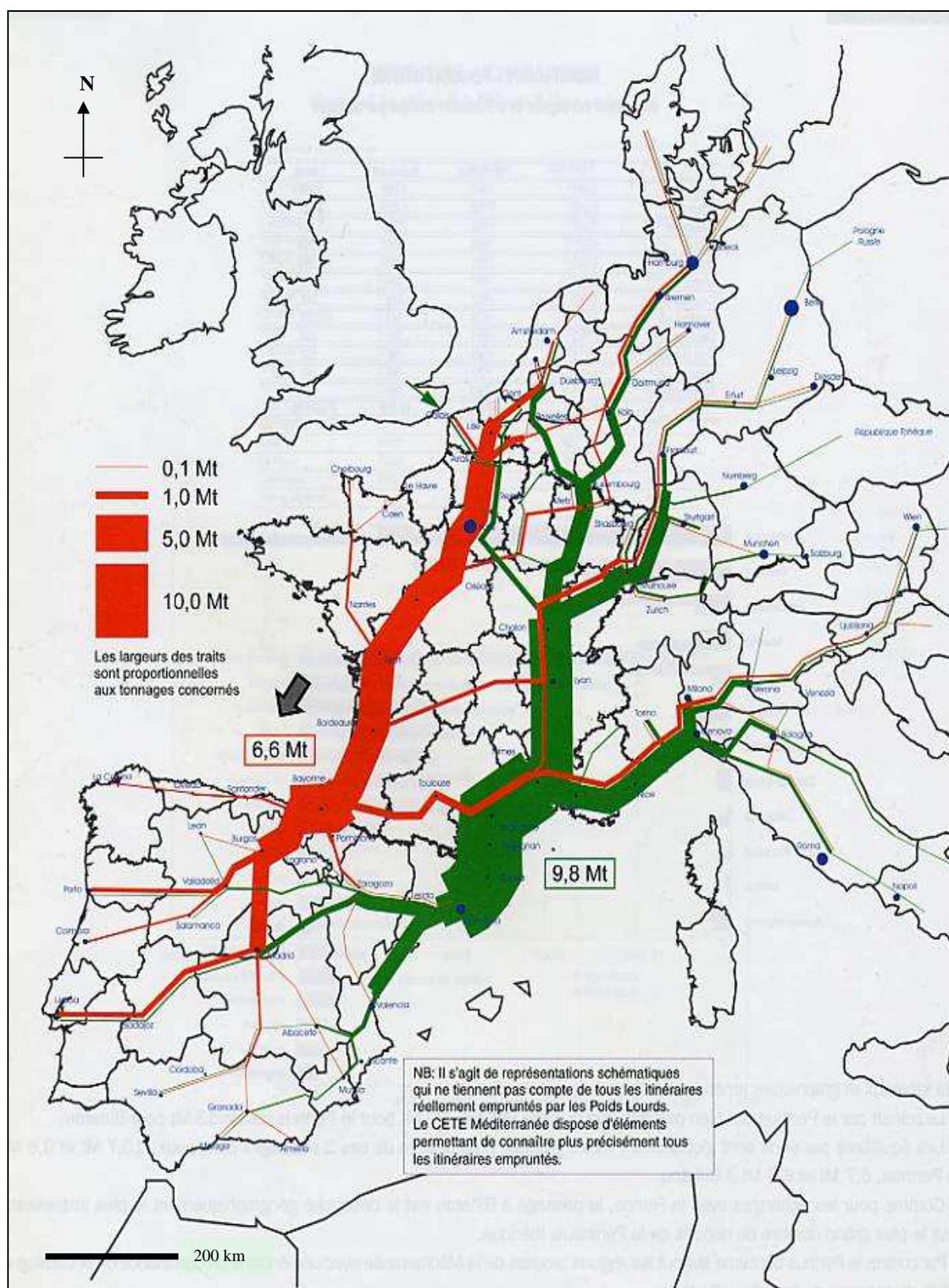
Enquête de transit 1999, Ministère de l'Équipement des transports et du logement

### Carte 5. Échanges routiers transpyrénéens de marchandises dans le sens Sud-Nord



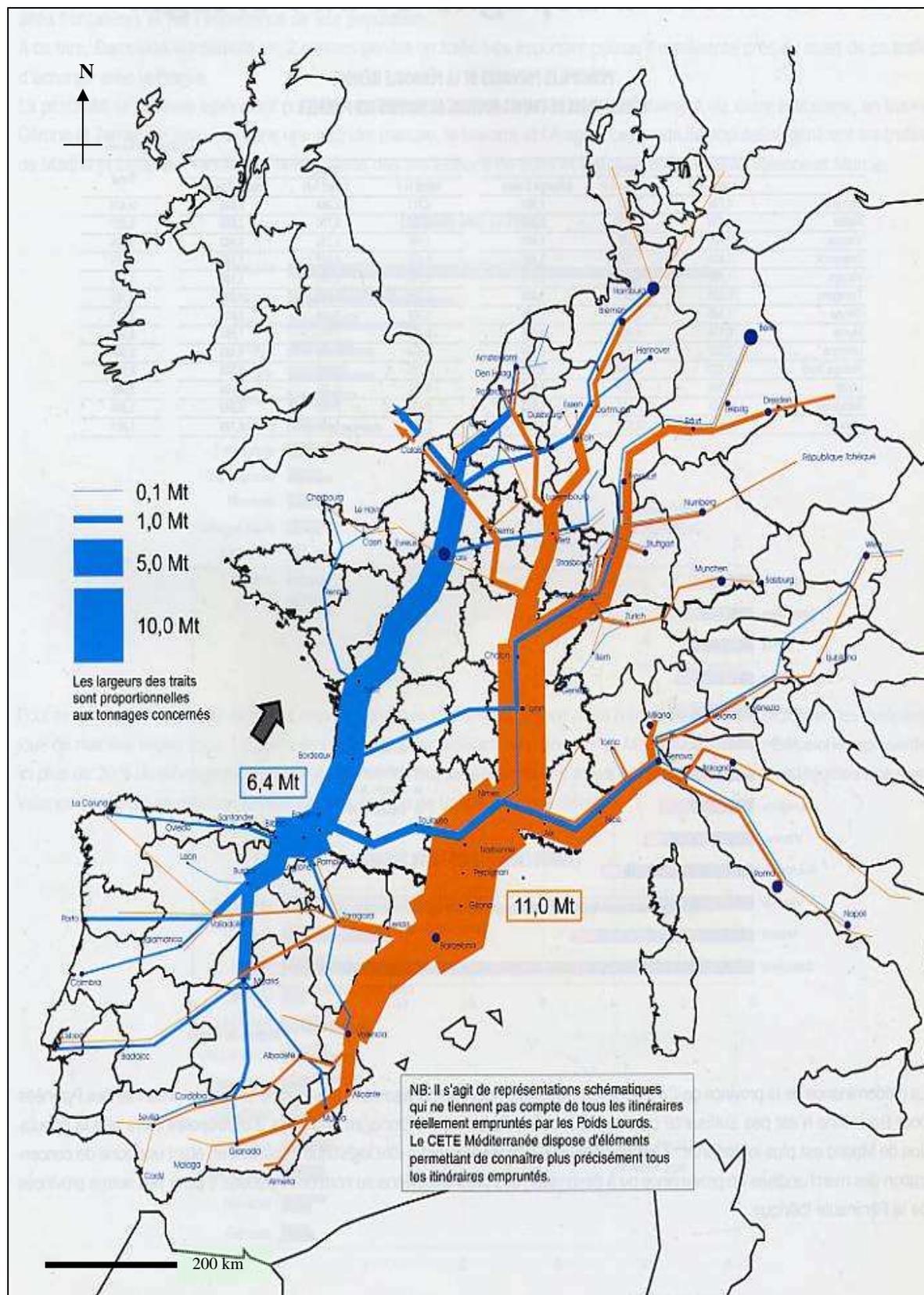
Enquête de transit 1999, Ministère de l'Équipement des transports et du logement

## Carte 6. Transit routier transpyrénéen de marchandises dans le sens Nord-Sud



Enquête de transit 1999, Ministère de l'Équipement des transports et du logement

## Carte 7. Transit routier transpyrénéen de marchandises dans le sens Sud-Nord



Enquête de transit 1999, Ministère de l'Équipement des transports et du logement

Après l'observation des cartes qui exposent la distribution des flux routiers, il est évident que la topologie et l'intensité des flux, sont définies par la demande de marchandises des principales villes touchées et par les infrastructures. *Pour cette raison, nous prendrons les villes et les ports comme les nœuds du réseau que nous analyserons* au chapitre 5. En fait, pour notre modèle d'analyse de choix modal, développé ultérieurement, nous avons fortement hésité sur le choix des nœuds les plus représentatifs pour notre réseau d'analyse et les plus pertinents par rapport à la nature commerciale des flux.

Dans un premier temps, on avait établi comme nœuds les « centres géométriques » des régions des différents pays étudiés, mais on a considéré que les nœuds ainsi définis, bien que représentatifs des distances moyennes à parcourir à l'intérieur de chaque région, ne sont pas vraiment pertinents car on ne peut pas représenter l'existence de plusieurs villes importantes dans la même région. Dans un deuxième temps, on avait utilisé les plates-formes logistiques comme nœuds du réseau en suivant la logique des points de concentration et d'éclatement des flux de marchandises. Mais après l'observation de la localisation des principales plates-formes logistiques en France et en Espagne ainsi que la topologie du flux des marchandises, nous sommes arrivés à la conclusion que, du point de vue géographique, la meilleure couverture de l'espace était celle des villes, qui de ce fait devenaient les nœuds le plus représentatifs. D'autre part, les plates-formes logistiques sont localisées de façon à pouvoir desservir les villes, le mieux possible, mais elles ne sont que des points de passage. Les villes sont les origines et destinations finales des marchandises, elles sont aussi les nœuds le plus pertinents, tant du point de vue géographique que pour représenter la nature commerciale des flux.

Nous retiendrons les principales villes qui servent de nœuds pour les flux routiers de marchandises en Europe occidentale, afin de les analyser plus tard avec une attention spéciale, par rapport à d'éventuels transferts de flux de marchandises vers le cabotage, à la meilleure façon de les desservir et à leur changement potentiel de rôle dans un schéma des flux intermodaux (mer – terre) des marchandises. Pour appuyer notre argument de choix des villes comme nœuds de notre réseau d'analyse, et leur importance en tant que centres de consommation, il faut souligner que les 53 principales villes qui se trouvent sur les principaux axes de flux routiers, sont les principaux points de concentration et

d'éclatement des flux routiers de marchandises et comptent à elles seules, une population de presque 50 millions d'habitants, soit les 20 % du total des pays respectifs, ce que prouve l'importance des villes dans les réseaux de distribution de marchandises, et justifie de notre point de vue, le choix des villes comme nœuds pour l'analyse du réseau de transport intermodal à l'échelle du continent, plutôt, que les plates-formes logistiques ou les centres géographiques des régions.

**Fig.32 Principales villes de concentration et d'éclatement des flux routiers de marchandises**

Villes	No. de Ville	Pays	Population de la ville [hab.]
<i>Porto</i>	1	<i>Portugal</i>	262 928
<i>Lisbonne</i>	2	<i>Portugal</i>	556797
<i>Barcelone</i>	3	<i>Espagne</i>	1582738
<i>Valence</i>	4	<i>Espagne</i>	780653
<i>Alicante</i>	5	<i>Espagne</i>	305911
<i>Murcie</i>	6	<i>Espagne</i>	391146
<i>Madrid</i>	7	<i>Espagne</i>	3092759
<i>Valladolid</i>	8	<i>Espagne</i>	319129
<i>Cantabrique</i>	9	<i>Espagne</i>	184778
<i>Bilbao</i>	10	<i>Espagne</i>	353567
<i>Saragosse</i>	11	<i>Espagne</i>	626081
<i>Pampelune</i>	12	<i>Espagne</i>	190937
<i>Burgos</i>	13	<i>Espagne</i>	169317
<i>Bordeaux</i>	14	<i>France</i>	753931
<i>Niort</i>	15	<i>France</i>	79000
<i>Toulouse</i>	16	<i>France</i>	761090
<i>Nîmes</i>	17	<i>France</i>	137740
<i>Montpellier</i>	18	<i>France</i>	287981
<i>Paris</i>	19	<i>France</i>	9644507
<i>Lyon</i>	20	<i>France</i>	1348832
<i>Marseille</i>	21	<i>France</i>	1349772
<i>Lille</i>	22	<i>France</i>	1000900
<i>Calais</i>	23	<i>France</i>	104852
<i>Nantes</i>	24	<i>France</i>	544932
<i>Orléans</i>	25	<i>France</i>	263292
<i>Chalon</i>	26	<i>France</i>	51000
<i>Dijon</i>	27	<i>France</i>	236953
<i>Besançon</i>	28	<i>France</i>	25000
<i>Colmar</i>	29	<i>France</i>	68000
<i>Metz</i>	30	<i>France</i>	127498
<i>Reims</i>	31	<i>France</i>	215581
<i>Strasbourg</i>	32	<i>France</i>	427245
<i>Dunkerque</i>	33	<i>France</i>	191173
<i>Mulhouse Ottmarsheim</i>	34	<i>France</i>	234445
<i>Luxembourg</i>	35	<i>Luxembourg</i>	79000
<i>Bruxelles</i>	36	<i>Belgique</i>	141312
<i>Amsterdam</i>	37	<i>Pays-Bas</i>	1453003
<i>Rotterdam</i>	38	<i>Pays-Bas</i>	998439
<i>Zurich</i>	39	<i>Suisse</i>	1080728
<i>Munich</i>	40	<i>Allemagne</i>	1920063
<i>Nuremberg</i>	41	<i>Allemagne</i>	1023196
<i>Cologne</i>	42	<i>Allemagne</i>	1827526
<i>Dortmund</i>	43	<i>Allemagne</i>	590213
<i>Stuttgart</i>	44	<i>Allemagne</i>	2615702
<i>Brême</i>	45	<i>Allemagne</i>	855764
<i>Francfort</i>	46	<i>Allemagne</i>	1902815
<i>Hambourg</i>	47	<i>Allemagne</i>	2532565
<i>Dresde</i>	48	<i>Allemagne</i>	476668
<i>Turin</i>	49	<i>Italie</i>	867857
<i>Milan</i>	50	<i>Italie</i>	1271898
<i>Bologne</i>	51	<i>Italie</i>	373539
<i>Rome</i>	52	<i>Italie</i>	2542003
<i>Gênes</i>	53	<i>Italie</i>	601338

Population totale : 49 824 094

H. Martell, élaboration à partir des données de population Eurostat et de flux routiers de l'enquête de transit 1999, Ministère de l'Équipement des transports et du logement

### **3.4.2 Les engorgements, la saturation et les coûts élevés : les limites du choix routier**

La croissance soutenue du trafic routier, a été jusqu'à aujourd'hui privilégiée par des augmentations de la capacité routière grâce aux agrandissements des autoroutes déjà existantes et à la construction de nouvelles autoroutes. Les obstacles géographiques ont été surmontés, de façon à permettre une communication routière totale entre pays européens. L'évolution technologique actuelle a permis de communiquer par route dans l'ensemble du continent européen, on peut citer les tunnels du Mont Blanc et de Montgenèvre qui permettent la traversée des Alpes, les traversées routières des chaînes des Pyrénées à Bariatou et au Perthus, les ponts et les tunnels « sous l'eau » comme celui de la Manche ou de l'Escaut, de ponts de grand longueur qui permettent la traversée des fleuves larges, comme celui de Normandie ou encore des détroits en mer comme c'est le cas d'ouvrages combinés « pont - île artificielle – tunnel souterrain » d'Oresund qui permet de relier la Suède au continent. Cette évolution des infrastructures routières et la facilitation des échanges par route sur le continent ont poussé le développement du transport routier, qui se trouve ainsi dans un cercle vertueux de croissance. Alors, à première vue, cette situation paraîtrait positive. Le trafic routier grandit et les infrastructures peuvent aussi augmenter en nombre et capacité. Mais, il est évident que ce développement réciproque des infrastructures et du transport routier ne peut continuer à l'infini. Des manifestations de saturation routière existent déjà, là où les agrandissements des infrastructures ne sont plus possibles soit à cause du manque du terrain soit à cause des lourds investissements qu'ils impliqueraient. Bien évidemment, d'un point de vue technique, on pourrait toujours construire des nouvelles routes, des ponts, des tunnels et des nouveaux périphériques des villes. Mais, est-ce la meilleure option ?

Aujourd'hui, le réseau routier européen est le plus dense du monde, notamment grâce aux réseaux allemand, néerlandais, belge et français, mais, ces mêmes réseaux nationaux auront encore besoin de se densifier et d'augmenter leur capacité, si rien ne change dans la tendance modale des échanges intra européens. A l'avenir, les projets d'élargissement du réseau routier européen visent une densification et une augmentation de la capacité du réseau déjà existante (Carte 8). Ceci signifie que la croissance du trafic des échanges intra européens, devra en conséquence être absorbée par la route, et que le

cercle de développement du réseau routier et de la « promotion/dumping » du mode routier perdurera. Mais, comme on avait déjà dit, le développement de transport de tendance unimodale, ne peut continuer à l'infini. Malheureusement, il semblerait que le choix modal pour le transport de fret, soit déjà arrêté au moins jusqu'à l'horizon 2020, mais il faut aussi se demander, à quel coût environnemental ? De quelle manière la « libre concurrence modale » va-t-elle en être affectée ?

Ensuite nous pouvons vérifier que le réseau routier, déjà très développé en connectivité et couverture géographique, doit être encore densifié et mieux connecté selon les programmes de développement des infrastructures de transport tant à un niveau européen que national. Nous présentons donc, les cartes des réseaux routiers européen et français qui devront être opérationnels en 2020.

## Carte 8. Développement planifié du réseau routier européen à l'horizon 2020



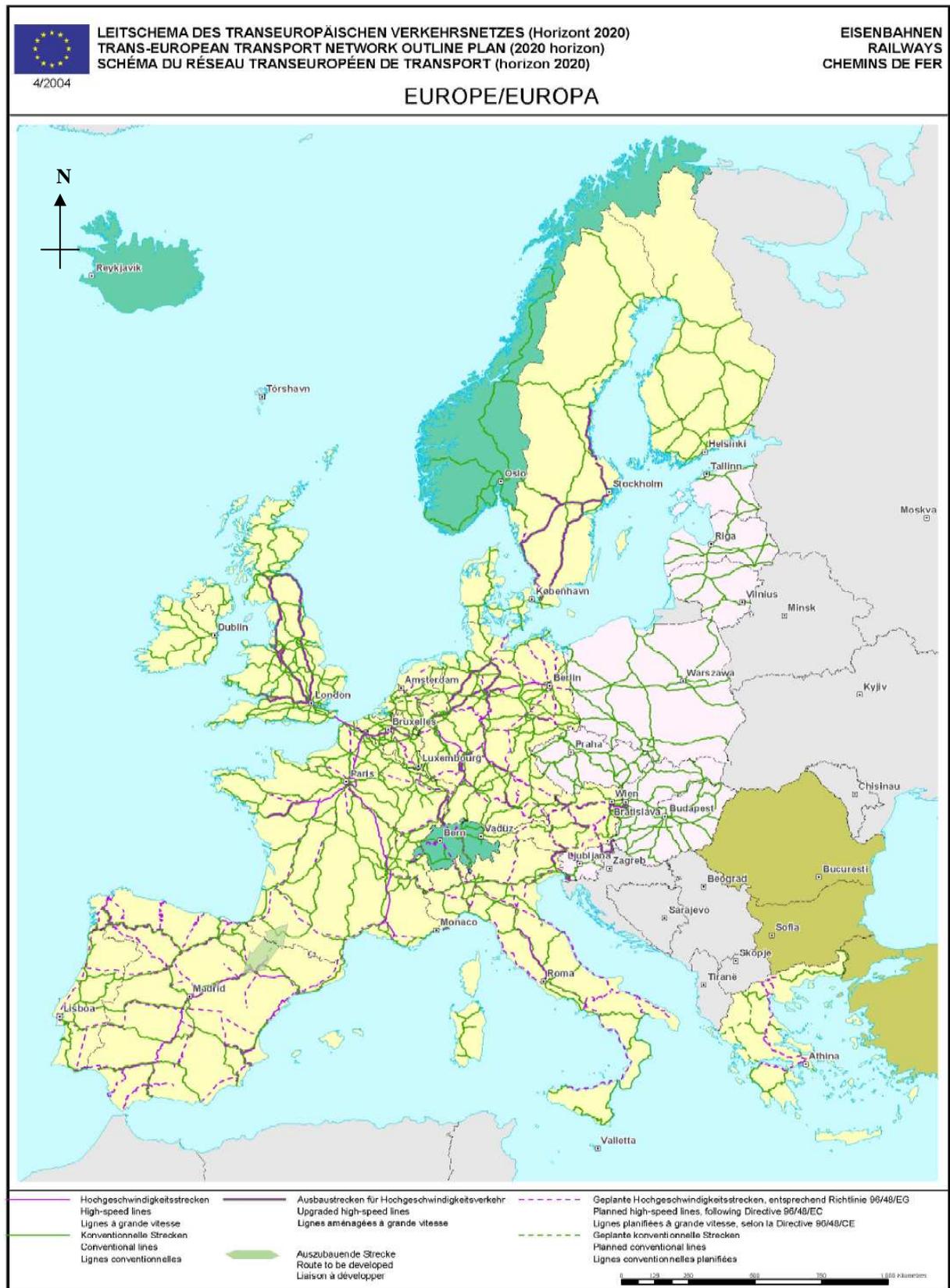
Source : Conseil Européen des Ministres de Transport, CEMT, UE

## Carte 9. Développement planifié du réseau routier français à l'horizon 2020



Source : Conseil Européen des Ministres de Transport, CEMT, UE

## Carte 10. Développement planifié du réseau ferroviaire européen à l'horizon 2020



Source : Conseil Européen des Ministres de Transport, CEMT, UE

Nous pouvons constater que les principaux développements d'autoroutes prévus, ont comme objectif la densification des réseaux espagnol et du sud de la France, ainsi que celui de l'Europe de l'Est, principalement le réseau autrichien et le réseau grec. Il est évident que le développement du réseau routier est non seulement souhaitable mais aussi nécessaire dans le cas de l'Europe de l'Est et de la Grèce (Carte 8). Par contre, le développement du réseau du sud de la France et en Espagne est-il vraiment nécessaire ?

Dans ce deuxième cas, la densification du réseau améliorera la compétitivité du transport routier de fret, lequel continuera à se voir favorisé par rapport aux autres modes de transport, pouvant ainsi continuer à absorber des parts de marché de fret appartenant aujourd'hui aux autres modes. Bien évidemment, les motifs de la construction d'autoroutes sont divers, et il sera toujours positif de compter sur des infrastructures plus nombreuses et de meilleure qualité, mais en restant conscients de l'avantage que le développement des autoroutes représente pour les transporteurs routiers, peut-on encore parler de libre concurrence modale ? Pourquoi se poser la question du mauvais développement du cabotage de fret si tout simplement on l'empêche en favorisant le transport routier par tous les moyens ?

Un exemple de ce dopage routier, est l'autoroute planifiée entre Toulouse et Lyon (Carte 9), qui rendra possible une diminution considérable du temps de desserte routière entre le sud de l'Espagne et l'Europe centrale. Elle contribuera au désengorgement de l'autoroute Perpignan - Nîmes - Lyon, et à l'augmentation de la connexité du réseau routier, améliorera la performance du transport routier de fret au niveau européen, ce qui paraîtrait absolument positif. Cependant, elle aurait un effet négatif sur les modes de transport concurrents, pour le cabotage en Méditerranée, pour le transport fluvial sur le Rhône et sans doute pour le transport ferroviaire de fret sur les lignes Perpignan – Clermont Ferrand et Perpignan – Avignon – Lyon (Carte 9).

Prenons l'exemple particulier d'une liaison routière favorisée par l'autoroute planifiée Toulouse – Lyon et par l'autoroute planifiée Genève – Berne (Carte 8). Dans ce cas, la desserte Barcelone – Berne, passera de 950 km en suivant le trajet Barcelone – Perpignan – Nîmes – Lyon – Berne, à seulement 800 km avec trois contournements périphériques des villes, Toulouse, Lyon et Genève, à la place de 8 actuellement,

Perpignan, Narbonne, Béziers, Montpellier, Nîmes, Lyon, Genève et Lausanne. Ce qui implique une réduction du temps de trajet de 13h30 à 10h, si on applique la règle simple des routiers pour estimer le temps de trajet : vitesse moyenne  $\approx 100$  km/h, augmentée du temps des contournements périphériques des villes  $\approx 30'$ /contournement.

Sans doute l'offre routière en général, et dans ce cas en particulier, devient de plus en plus attrayante, alors que la performance de l'offre multimodale est en stagnation voire régression. Pour le même cas Barcelone - Berne, on peut imaginer une chaîne multimodale comprenant un transport de cabotage Barcelone – Fos, un transport fluvial Fos – Lyon en remontant le Rhône puis un transport routier Lyon – Berne. Cette chaîne implique seulement 300 km de transport routier, c'est-à-dire, les 33% de la nuisance environnementale pour la même desserte. Certes, les chargeurs ne s'intéressent que peu à l'environnement, mais analysons la différence actuelle entre les deux options de transport du point de vue du temps et du coût.

Pour cette estimation on considère la vitesse moyenne d'un navire pour la partie cabotage de 20 nœuds et de 15 nœuds pour une barge fluviale, les passages intermodaux mer – fleuve à Fos, et fleuve- Route à Lyon seront considérés avec des délais de 8h et des coûts de manutention de 80 €, Pour les coûts totaux de transport de différents modes impliqués nous prendrons les coûts estimés par SCREN (Fig.18), nous considérerons les prix maximums par [tkm]. Pour le calcul, nous considérons un chargement de 25 tonnes, qui est l'équivalent moyen de charge transportée par une remorque de poids lourd et aussi par un conteneur maritime de 40' susceptible d'être transporté par les différents modes, ainsi, on pourra établir une comparaison directe dont les calculs sont résumés dans le tableau suivant.

**Fig.33 Comparaison de coûts des alternatives au transport de fret pour la desserte « Barcelone - Berne »**

Critère de coût	Mode	Prix moyen [€/tkm]	Chargement standard [ton]	Distance [NM]	Distance [Km]	Passage intermodal	Coût de passage intermodal [€/passage]	Coût total de desserte [€]
<b>Alternative routier</b>								<b>1663</b>
Barcelone-Berne	Route	0,07	25		950			1663
<b>Alternative Multimodale</b>								<b>1169</b>
Barcelone-Fos	Cabotage	0,03	25	175	329	1	80	327
Fos-Lyon	Fluvial	0,02	25		290	1	80	225
Lyon-Berne	Route	0,07	25		307	1	80	617

H. Martell, 2006, élaboration à partir des données de SCERN pour les coûts de transport, Brown's Nautical Almanac 2002 pour la distance maritime et des cartes Michelin et du Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement pour les distances routières et ferroviaires.

A partir de cette analyse, on peut constater que le transport multimodal représente pour cette desserte une économie potentielle de presque 500 €, et c'est sur ce type de combinaisons, que les modes concurrents du transport routier ont une opportunité de réussir. L'avenir du cabotage n'est possible qu'à condition que des combinaisons modales de ce type, à forte composante de cabotage, soient identifiées, et étudiées de près pour améliorer les performances individuelles de chaque maillon de la chaîne. Notre objectif ultime serait de réaliser une analyse similaire pour chaque desserte entre deux villes pour l'ensemble des villes en Europe, mais cela représente un travail énorme, qui de plus n'aurait de sens que dans les cas des dessertes ayant le plus d'opportunités pour réaliser des transferts de fret de la route vers la mer. Pour cette raison, nous allons développer au chapitre 4 un algorithme et une méthode pour déterminer ce sous-ensemble de possibles chaînes multimodales à « *fort potentiel de transfert de fret* », parmi la totalité des chaînes existantes pour lier une origine et une destination définies.

En se référant à notre exemple « Barcelone - Berne » et aux économies qui pourraient être réalisées, une question se pose : *Si le transport multimodal revient, pour certaines liaisons, moins cher, pourquoi donc, les chargeurs préfèrent-ils le transport tout route ?* La réponse découle du fait que le choix des chargeurs est basé principalement sur le critère de coût, et en deuxième, sur celui du délai de transport, et même si le critère coût

est déterminant, le critère de délai est aussi très important, car le temps de livraison peut affecter l'ensemble des activités d'une entreprise ou tout simplement l'image que l'entreprise renvoie à ses clients (2.3.2). Dans le cas « Barcelone - Berne », que nous considérons l'exemple du cas général, nous trouvons une différence importante qui justifie le choix des chargeurs pour une alternative de transport plus chère mais plus rapide.

**Fig.34 Comparaison des délais des alternatives de transport de fret pour la desserte « Barcelone - Berne »**

Critère de délai	Mode	Vitesse moyenne [noeuds]	Vitesse moyenne [km/h]	Distance [Km]	Nombre de cont. de villes	Délai de cont. d'une ville [h]	Délai de passage intermodal [h]	Délai total de desserte [h]
<b>Alternative routière</b>								<b>13,5</b>
Barcelone-Berne	Route		100	950	8	0,5		13,50
<b>Alternative Multimodale</b>								<b>47,38</b>
Barcelone-Fos	Cabotage	20	37,06	329			8	16,87
Fos-Lyon	Fluvial	15	27,79	290			8	18,44
Lyon-Berne	Route		100	307	2	0,5	8	12,07

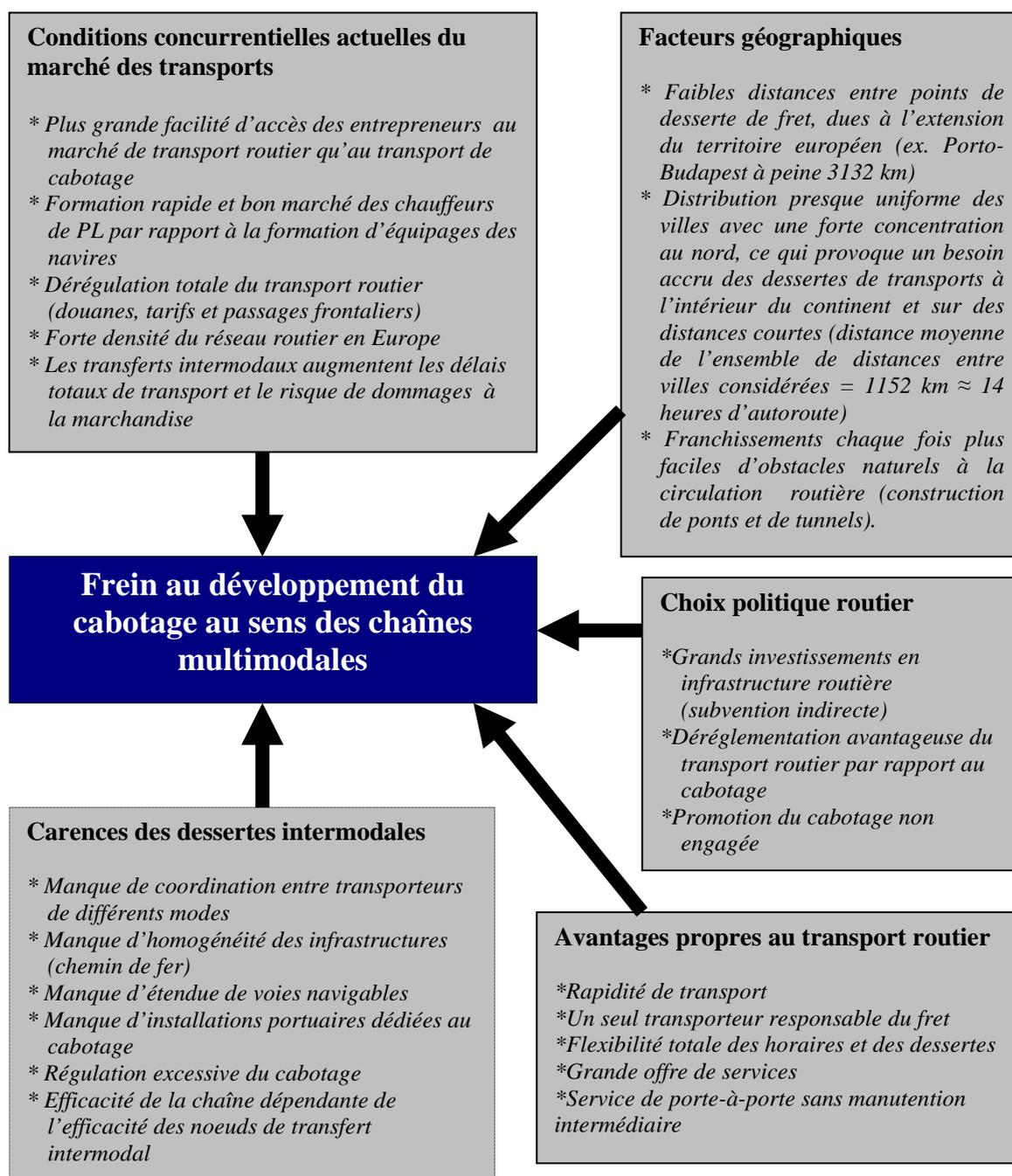
H. Martell, 2006, élaboration à partir des données de limitation de vitesse du code de la route PL, du Cours de navigation de l'Ecole Navale, Brest 1980 pour les vitesses maritime et fluviale, et des cartes Michelin pour les distances routières.

Cette estimation de délais pour chaque alternative explique d'elle-même la raison du choix des chargeurs. Le temps peut avoir une forte valeur en fonction du type de marchandise ou bien des activités des entreprises liées au délai de livraison. Dans ce cas, l'alternative multimodale aura un délai 3 à 4 fois plus long que le transport tout route. Il faut aussi prendre en compte les délais de passage intermodal qui ont été assimilés au délai moyen de passage intermodal d'un conteneur au port du Havre (Source : Terminaux de Normandie), ce qui signifie, que nous avons considéré des temps de passage intermodaux d'une bonne performance, laquelle n'existe pas nécessairement dans la réalité.

D'autre part, il faut aussi prendre en compte le manque de rotations régulières et/la faible fréquence des navires caboteurs et de barges fluviales, car ces facteurs peuvent impliquer des temps d'attente importants du conteneur sur le port de Fos ou dans le terminal fluvial de Lyon. En effet, cette différence de délais entre l'alternative routière et

l'alternative multimodale, a été calculée en considérant des conditions idéales de passages intermodaux, mais il faut admettre que le délai du transport routier direct calculé est sans doute plus proche de la réalité. Donc, il nous semble évident que le principal problème du transport combiné en général et du cabotage en particulier, est celui des délais de transport et de la fiabilité de date de livraison. Face à la réalité des conditions de concurrence modale, l'avenir du transport de cabotage en Europe paraît bien sombre. Evidemment, le transport de vrac, de produits spécifiques (bois, papier voitures), ainsi que les lignes dédiées au transport exclusif pour des entreprises qui les possèdent. Ces lignes sont parties des chaînes internes de production des entreprises qui feront toujours vivre leur propre cabotage (3.2.2). Mais sous les conditions actuelles de concurrence, l'avenir du cabotage des produits en général et du transfert de fret de la route vers la mer est compromis.

**Fig.35 Facteurs externes au cabotage qui empêchent son développement au sens de chaînes multimodales**



© H. Martell, 2005, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

Maintenant, revenons sur les problèmes des coûts pour le choix routier. On trouve beaucoup d'écrits à ce sujet et on a déjà évoqué les nuisances environnementales du trafic routier (2.2.1) et l'augmentation des risques sur la route, qui pourraient diminuer

sensiblement si le transfert de fret vers le cabotage devenait un jour réalité. Mais un aspect que l'on considère rarement est le coût d'entretien des autoroutes dû au transport de marchandises. Le passage d'un poids lourd sur une autoroute provoque un endommagement de la chaussée équivalent au passage de 15 voitures, là aussi le transport routier est financé par la collectivité, car l'entretien des autoroutes, moyen indispensable pour les activités des entreprises de transport est subventionné.

On reviendra sur ce sujet au chapitre 5, mais il fallait rappeler l'ensemble des coûts routiers, pour souligner maintenant, que le meilleur choix pour faire face à l'augmentation des échanges intra européens est sans doute le transport intermodal à forte composante de cabotage. Il faut dire que le cabotage n'est pas uniquement positif pour l'écologie, c'est aussi le meilleur choix européen du point de vue financier, pour le développement du transport dans les années à venir. Le même argument est applicable en ce qui concerne la consommation énergétique et plus concrètement celle des carburants. La consommation des essences et du diesel devient de plus en plus onéreuse et la différence de consommation du mode routier est cinq fois plus grande que celle du cabotage. En d'autres mots, et dans le cas idéal, la facture européenne de consommation des carburants par transport de fret pourrait être divisée par cinq, il y a aussi un intérêt économique évident pour développer le cabotage. Dans tous les cas, plus le prix des carburants augmente, plus la limite du choix routier du transport de fret en Europe se précise.

De plus, des problèmes de saturation du réseau routier se manifestent déjà, surtout dans les passages qui obligent à la concentration de flux, comme dans le cas des passages des Pyrénées à « Biriadou » où le passage de poids lourds moyen par jour est de 5652 et celui du « Perthus » qui est de 7126. Quant au trafic transalpin, on trouve la plus grande saturation au passage du tunnel de Fréjus 3754 PL/j et à Vintimille où le trafic arrive à 2767 PL/j (Carte 3). Enfin, dans le reste des passages routiers, la saturation est aussi une réalité. On peut compter parmi les principaux points de saturation, le tunnel du Mont Blanc, le passage de Montgenèvre et celui de Bâle entre la Suisse et la France.

D'autre part, les zones les plus denses du réseau routier, particulièrement en Belgique, aux Pays-Bas et au Nord de l'Allemagne, subissent la saturation des autoroutes de façon quotidienne. Il est donc clair que le réseau européen d'autoroutes a déjà atteint sa limite et que continuer à le densifier et à augmenter sa capacité impliquera

nécessairement, l'augmentation des problèmes de saturation, de pollution, des besoins grandissants de carburants et des coûts élevés d'investissement en infrastructure routière pour faire face à l'augmentation des échanges. Jusqu'à aujourd'hui, le transport routier s'est affirmé dans la pratique, comme la seule alternative convenable au transport de fret, mais il atteint déjà ses propres limites, cependant, les programmes de développement des infrastructures de transport, misent essentiellement sur le choix routier au moins jusqu'en 2020, et même le transport ferroviaire continuera à souffrir du choix politique routier car les investissements programmés dans ce mode sont axés principalement vers la grande vitesse et le transport de passagers et non vers le fret (Carte 10). Enfin, pour résumer notre analyse, les questions que nous nous posons sont les suivantes :

- *Pourquoi ne pas investir au niveau européen pour la promotion effective du cabotage comme on le fait pour le transport routier ?*
- *Si l'on veut vraiment développer le cabotage, pourquoi ne pas modifier les facteurs externes qui freinent son développement ?*

Pour ce qui concerne les facteurs internes qui freinent le développement du cabotage, nous avons déjà identifié, au chapitre 2, ces facteurs dans « *Le cercle vicieux du transport de cabotage de fret en Europe* » (Fig.26). Une véritable promotion du transport de cabotage devrait passer par la résolution ou au moins par la mise en place de mesures pour la diminution des problèmes externes et internes au cabotage qui empêchent son développement. Il est vrai que la tâche est difficile, mais l'action coordonnée des différents acteurs devrait finir par faire pencher la balance de la préférence des chargeurs vers le cabotage, quand les délais seront diminués et la fiabilité du transport intermodal améliorée. Nous réservons nos propositions concrètes pour chaque type de solution et pour chaque acteur, au chapitre 5, car les résultats de notre méthode de choix modal et de notre modèle d'analyse de chaînes multimodales à « *fort potentiel de transfert de fret* », nous donnerons plus d'éléments pour pouvoir établir nos conclusions et recommandations. Pour finir ce chapitre sur le cabotage et les possibilités de transfert routier, nous avons fait une désagrégation de l'enquête de transport 1999, qui nous donne une idée précise des volumes des marchandises diverses transportées par route, ainsi que sur la distribution géographique « origine – destination » de ces flux. Les données de l'enquête ont été désagrégées en fonction de notre échantillon des villes (Fig.32), ce qui

nous servira pour évaluer les potentiels de transfert de fret des chaînes multimodales à « *fort potentiel de transfert de fret* » après l'application de notre modèle au chapitre 5.

### **3.4.3 Détermination géographique des flux routiers de fret, désagrégation des données de l'enquête de transport 1999**

Nous concevons par flux routiers, la détermination de l'origine, de la destination, du trajet et du volume de trafics des échanges routiers. Mais, l'estimation des volumes et l'identification géographique des flux routiers ne sont pas simples. En analysant cet aspect, nous avons trouvé différents modèles d'estimation de flux basés sur des statistiques de transport de marchandises, ou bien, sur des statistiques de passage des véhicules, sur des modèles gravitaires en fonction des zones industrielles et/ou urbaines, ou bien, d'autres modèles en fonction des zones de consommation et des capacités des infrastructures routières. Nous avons trouvé aussi des modèles de projection basés sur des statistiques et des enquêtes. La modélisation de flux est sans doute un terrain de recherche qui reste à explorer et à développer, et les approches possibles sont multiples. Une estimation des flux routiers et du possible transfert de fret, nous est nécessaire, mais l'élaboration d'un modèle propre n'est pas l'objectif de ce travail. Dans un premier temps, nous avons pensé à l'utilisation d'un de ces modèles pour estimer un potentiel de transfert routier. Nous avons aussi trouvé des modèles qui estiment des potentiels de transfert entre modes de transport pour des cas très spécifiques et principalement pour le cas de transfert de la route vers le chemin de fer.

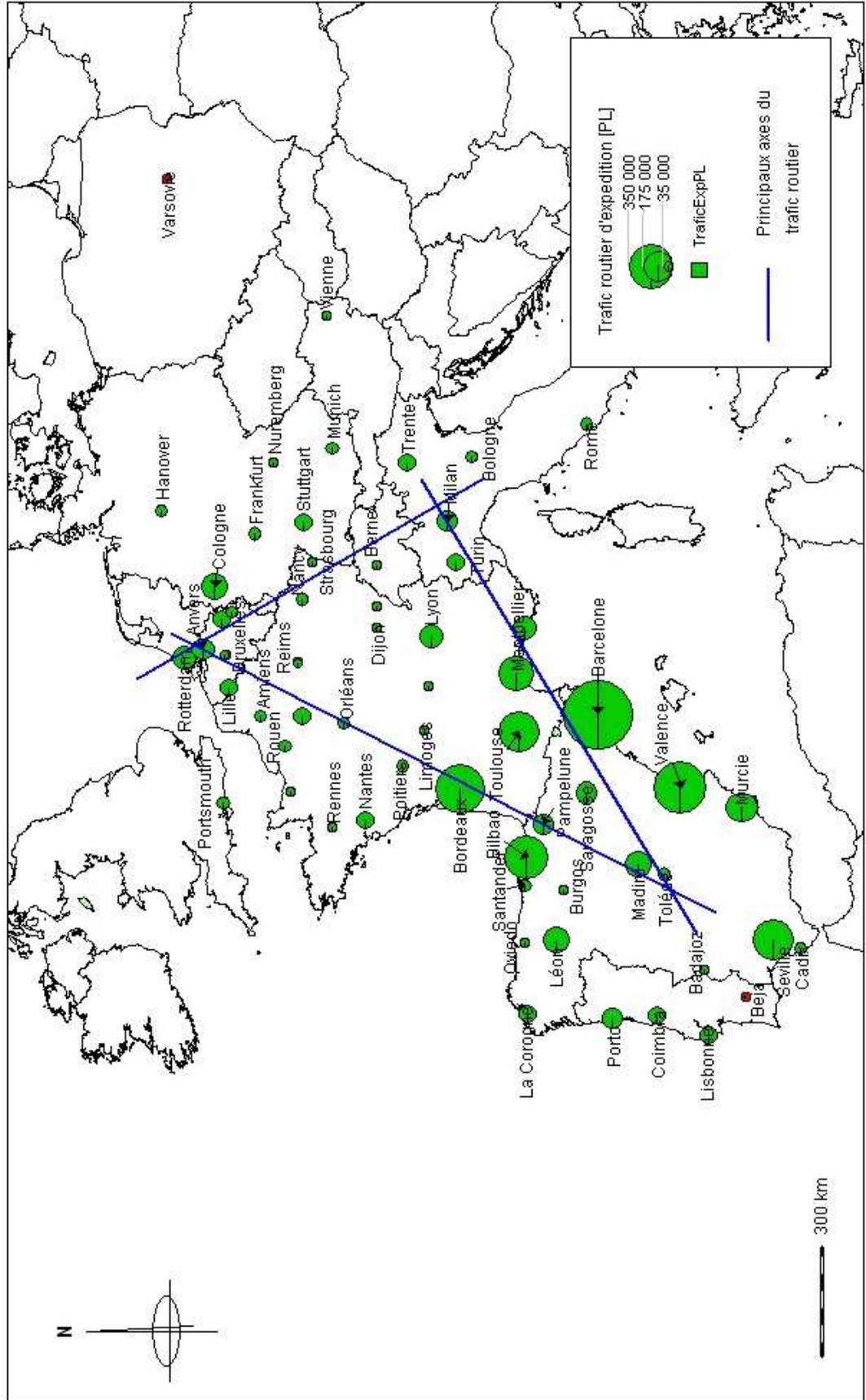
En passant en revue ces modèles, nous avons constaté qu'ils sont très variables quant à leur portée géographique. Il existe des modèles à l'échelle nationale, régionale ou encore juste des zones voisines de passages frontaliers entre nations. Le principe théorique et la méthodologie pour l'estimation de transfert varient aussi considérablement en fonction du type de véhicule. Face à cette diversité, tant de localisation géographique, d'échelle, que de méthode d'estimation, nous avons choisi de nous baser sur les données de l'enquête de transport de 1999, plutôt que sur un de ces modèles. Certes, l'utilisation d'un modèle nous aurait permis d'estimer un potentiel futur de transport plus grand par rapport aux données de l'enquête, mais nous pensons que se baser sur les données réelles de l'enquête plutôt que sur des estimations ou projections futures de flux, nous rapproche plus de la réalité. Il faut remarquer, que la plus grande partie des projections de flux

routiers ou de statistiques locales de flux existants aujourd'hui, est dérivée de cette enquête. D'autre part, nous considérons que si nous arrivons à trouver des liaisons de cabotage à « *fort potentiel de transfert de fret* », ce qui est notre objectif ultime, sur la base des données réelles et plutôt conservatrices par rapport aux estimations et même à la réalité actuelle des flux, nos résultats de faisabilité de transfert gagneront en véracité. Nous allons donc, nous baser par la suite sur des données désagrégées de cette enquête en ce qui concerne les flux routiers.

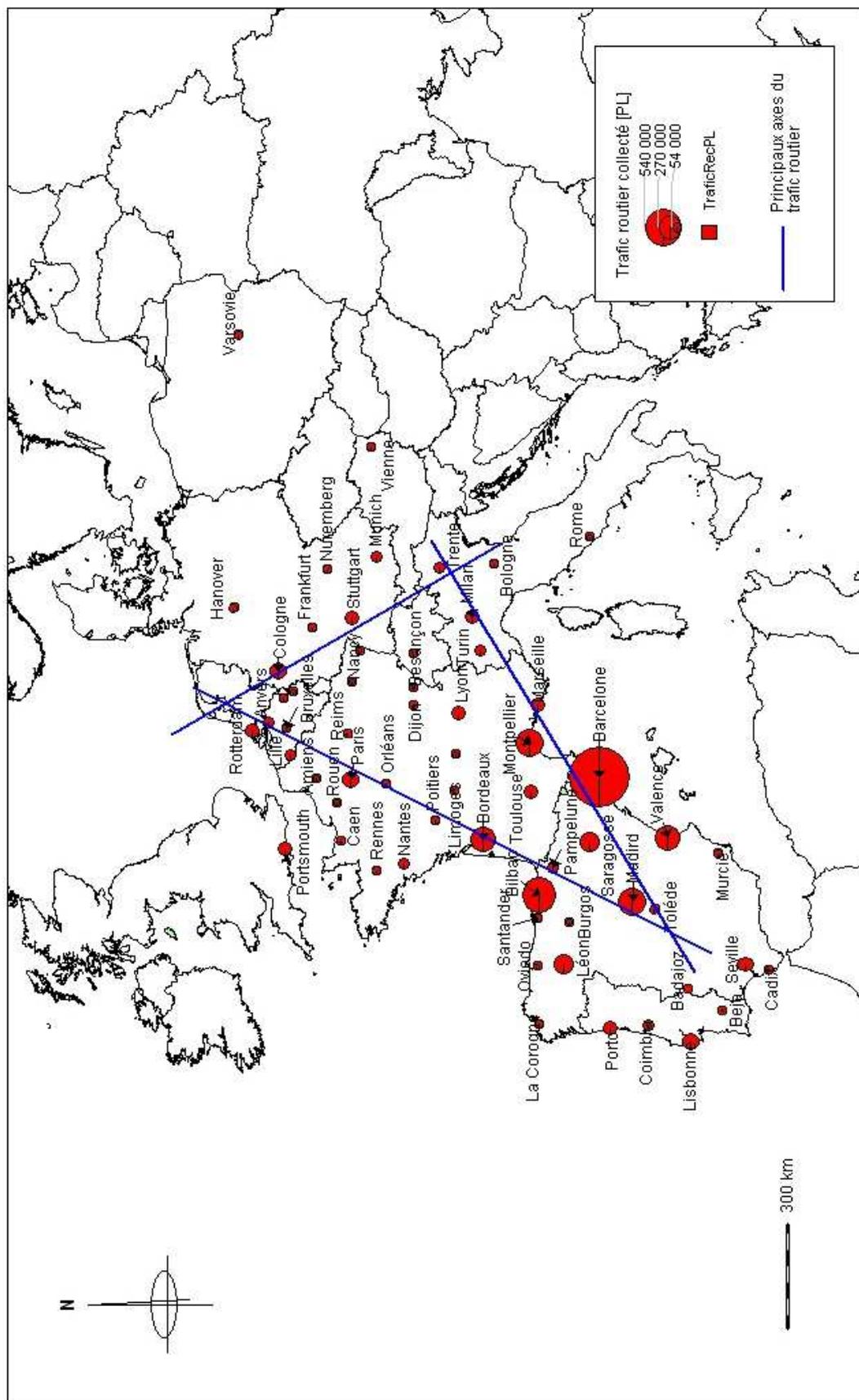
Notre procédure a été la suivante : nous appuyant sur les données de l'enquête de transit 1999, désagrégées jusqu'au niveau de transit entre régions des pays, mais sans une précision géographique d'origine ou de destination finale à l'intérieur des régions, nous avons choisi certaines villes principales comme *nœuds concentrateurs des trafics régionaux*. Le critère pour le choix, est en effet un double critère. Elles ont été choisies soit par leur rôle de ville capitale de région, soit par leur population avec un seuil minimum de 200000 habitants. Ensuite, nous avons attribué des trafics régionaux à la ville ou aux villes ainsi définies. Pour attribuer les flux, nous nous sommes basés sur des pondérations en fonction du poids de la population des villes retenues. Quand une seule ville a été retenue pour une région géographique, l'attribution a été directe. Dans le cas où plusieurs villes d'une même région géographique ont été retenues, nous avons attribué des flux pondérés en fonction du poids de la population de chaque ville retenue par rapport à la population totale de l'ensemble de villes retenues dans la région.

Nous avons décidé de procéder ainsi, pour prendre en compte le principe d'attraction de masses du modèle gravitaire basé sur les populations des villes, mais sans prendre en compte l'affectation par les distances, parce qu'une telle attribution sur des distances intérieures aux régions, ne nous semble pas représentative d'une quelconque distribution à l'intérieur des régions. De cette manière nous avons établi un réseau de villes (Fig.32), pour lesquelles les volumes et les sens de trafics des échanges sont connus. Les cartes suivantes montrent les résultats de cette désagrégation des données de l'enquête en tonnages et en nombre de poids lourds, donnant une idée précise de la structure de flux routiers par les biais de la concentration dans les nœuds du réseau.

Carte 11. Trafic routier distribué à partir des principales villes du réseau routier, 1999.



Carte 12. Trafic routier collecté par les principales villes du réseau routier, 1999.



© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

### 3.4.4 Une première approche des possibilités de transfert de fret routier vers le cabotage en Europe

La Cartes 11 et 12, montrent la distribution géographique des principaux noeuds d'expédition et de réception de fret routier. Il faut remarquer qu'une partie importante du fret routier transpyrénéen a une origine et une destination finale dans la région sud de la France et la région ouest de l'Espagne (incluant les côtes du golfe de Gascogne et de la Méditerranée), de même le fret routier transalpin a comme principales origines et destinations, l'est de l'Espagne, le sud de la France et le nord de l'Italie. La troisième région ou grande zone de génération et d'attraction des flux routiers, est le nord de l'Europe. Cette observation nous permet de visualiser clairement un triangle principal des flux routiers en Europe « *Est de l'Espagne - Italie du Nord - Nord de l'Europe* » avec deux zones secondaires à la périphérie du triangle, la côte portugaise et quelques villes principales de l'Europe de l'est (Carte 11 et Carte 12). Si on considère donc ces 5 régions ou zones principales pour effectuer un transfert modal, nous estimons que les conditions géographiques sont favorables au transfert de fret car les trois principales zones identifiées et la côte portugaise permettent l'accès direct par mer et ces quatre zones comptent des ports maritimes nombreux et performants.

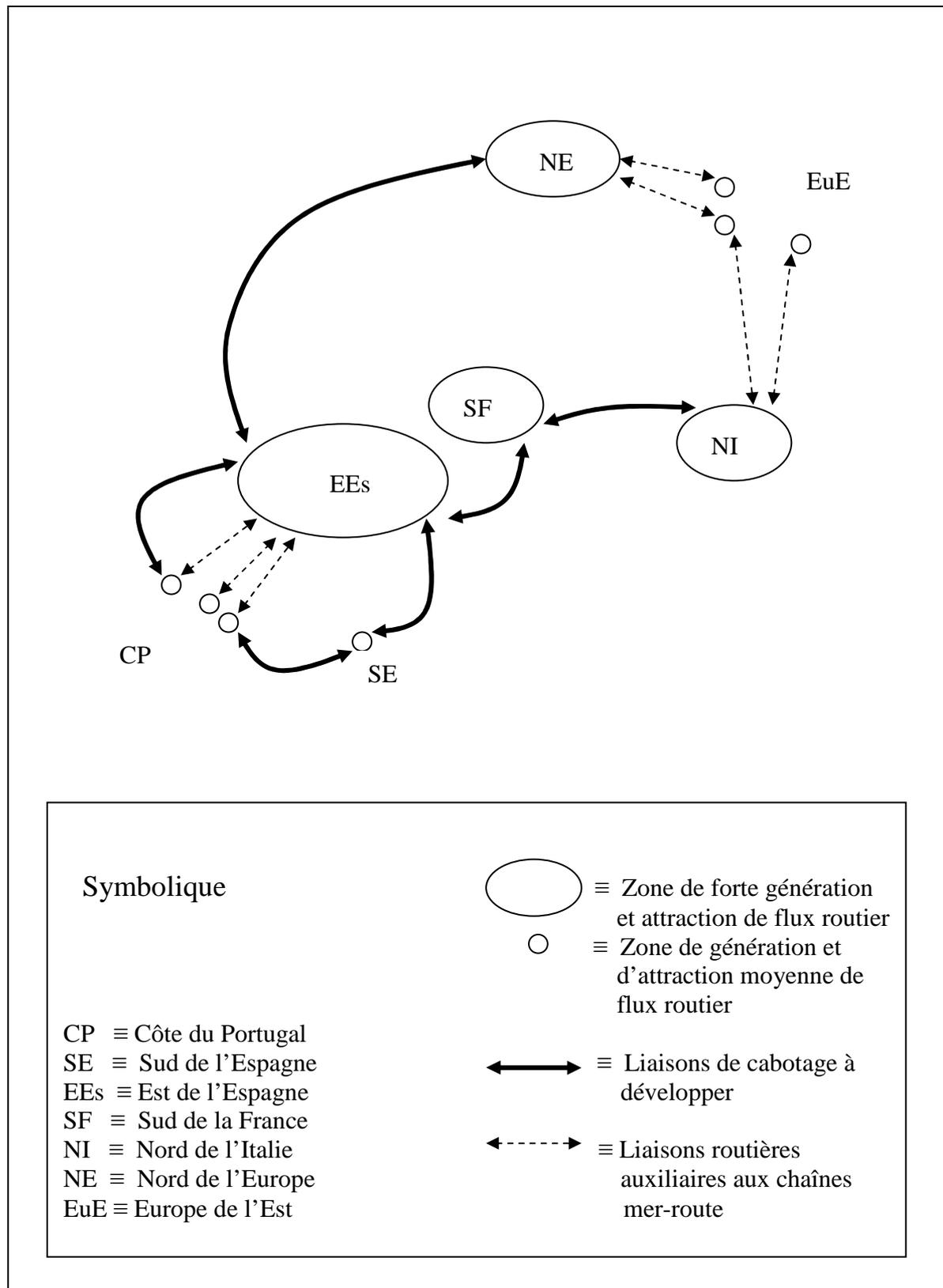
L'analyse graphique de cette distribution de quatre zones principales (Fig.36), nous a permis de visualiser un premier schéma d'opportunités de transfert de fret routier en liant les 3 principales zones de génération et d'attraction de flux ainsi que les deux zones secondaires par des lignes de cabotage hypothétiques, sur lesquelles on aurait nécessairement les meilleures opportunités de réussite des éventuelles dessertes de cabotage. Dans le cas des nœuds sur la côte portugaise, des liaisons terrestres (routières) avec l'est de l'Espagne pourraient même convenir pour promouvoir les dessertes de cabotage entre les trois principales régions. Ce cas est le même pour les des principaux nœuds de l'est de l'Europe, qui nécessitent une liaison terrestre. La desserte par cabotage des nœuds portugais est possible et elle serait la meilleure option pour la desserte entre le Portugal et les trois principales régions de génération et d'attraction de fret routier.

Cette première analyse graphique élémentaire, nous permet déjà de poser des questions :

- *Quels seront les ports les plus appropriés pour le démarrage de nouveaux services de cabotage dans chacune des quatre zones identifiées ?*
- *Si l'on conçoit de développer des nouvelles dessertes directes entre quelques ports des trois principales zones plutôt que des dessertes en touchant de multiples ports sur la côte, afin de diminuer les délais de desserte, quel pourrait être l'effet commercial ?*

Nous nous servirons de ces premières pistes, pour orienter notre analyse du chapitre 5 et bâtir nos premières hypothèses sur des lignes à « forte potentiel de transfert ».

**Fig.36 Schéma des principales opportunités de transfert des flux terrestres vers le cabotage**



**Photo 4. Congestion des autoroutes par des poids lourds**



HANS PUNZ/AP/SIPA

Rail & Transports,28/04/2004

## **Conclusion**

Le cabotage en Europe a évolué parallèlement au transport routier, dans les trois dernières décennies et il profite d'une tendance croissante. Mais cela ne signifie pas que le cabotage européen soit en progression dans le partage modal. Le cabotage augmente principalement grâce à l'augmentation générale des échanges intra européens et non grâce à une redistribution modale en Europe, qui est la condition indispensable pour le transfert de fret routier vers la mer, et en conséquence, pour le rééquilibrage modal, et le développement durable des modes de transport.

D'autre part, la croissance du cabotage est générée sur la base du transport de marchandises en vrac et des filières de marchandises spécialisées comme les voitures, les produits forestiers et papetiers que nous pouvons qualifier de « semi-vracs ». Bien que le progrès du cabotage puisse s'affirmer sur cet axe de filières spécialisées, leur développement potentiel est limité. Même si le cabotage atteint un développement important dans les filières spécialisées, l'objectif du transfert des trafics de la route vers la mer, ne pourrait être atteint par cette seule voie. Il n'existe pas un progrès réel du cabotage dans la captation des flux de marchandises en général, ni de produits industriels divers, lesquels intègrent le grand ensemble des échanges intra européens. Tant que le cabotage ne cherchera que des filières spécialisées pour le transport de quelques produits en particulier, sans réussir à percer sur le marché des produits divers, les potentialités du cabotage resteront sous exploitées et les objectifs de transfert modal resteront sur le papier.

Il est donc évident, que de nos jours, le cabotage n'est pas considéré comme une option réelle au transport routier, par la majorité des chargeurs qui génèrent la demande de transport. Cette mauvaise image du cabotage auprès des chargeurs est totalement justifiée par le manque de performances du mode, provoquant leur faible satisfaction, voire insatisfaction, par rapport au niveau de satisfaction offert par le transport routier. En ce qui concerne les autorités portuaires, une espèce d'indifférence voire de discrimination pour le développement du transport de cabotage, crée un obstacle supplémentaire au démarrage de nouvelles lignes et au fonctionnement des lignes existantes. Pour les armateurs des lignes de cabotage, les vracs représentent une activité à peine rentable et

semi stable. Les filières spécialisées du cabotage qu'on a appelé « semi-vracs » comme les voitures, les produits papetiers et forestiers, sont en progression. Mais, ces lignes ne sont que des maillons de chaînes de production, et leur réussite dépend principalement de la réussite du produit sur le marché européen et de la stratégie logistique des entreprises, et non en réalité du cabotage lui-même en tant que mode de transport.

Le transfert modal tant attendu dépend principalement du transfert des marchandises diverses « conteneurisables » vers le cabotage à partir de la route. Ce transfert concerne donc le cabotage de type Lo-Lo et Ro-Ro. Les lignes Ro-Ro connaissent aujourd'hui un progrès réel sur certaines liaisons, mais il reste modeste et les suppressions de lignes et/ou la réduction des fréquences, ne sont pas rares. Quant au cabotage de conteneurs de type Lo-Lo, les problèmes auxquels il est confronté, sont plus graves. Ce type de cabotage souffre d'une stagnation voire régression des services, qui lui donne une mauvaise réputation auprès des chargeurs, principalement, par son manque de régularité et de fiabilité, entraînant ainsi un cercle vicieux d'inefficacité des services de cabotage et de réduction de la demande. De cette manière, les deux types de cabotage qui doivent structurer le transfert modal vers les « autoroutes de la mer » se trouvent dans une situation d'immobilisme voire de pénurie. Le cabotage Ro-Ro connaît des progrès modestes mais le cabotage Lo-Lo, est confronté à de sérieuses difficultés.

Pour les acteurs politiques, la situation est aussi bloquée, car la volonté en faveur du développement du cabotage existe et elle est partagée par les responsables politiques de l'Union Européenne, mais les ressources financières ne sont pas suffisantes pour offrir un appui plus solide au développement du cabotage. Cependant, il existe d'autres formes indirectes pour épauler le cabotage, mais elles devraient passer par la libéralisation et par la dérégulation des activités liées au cabotage, et principalement, par la facilitation à l'accès des nouvelles entreprises aux activités de cabotage par le biais de crédits pour l'ouverture de services et pour l'aide au démarrage. Après l'analyse détaillée de l'activité de cabotage, nous considérons que la seule façon de réussir le transfert modal de la route vers la mer, est celle du développement de cabotage Lo-Lo et Ro-Ro, hors de filières spécifiques. Mais, ce défi ne pourrait être relevé sans l'implication et la coordination des efforts de l'ensemble des acteurs (armateurs, chargeurs, autorités portuaires et autorités politiques) pour faciliter le financement, le fonctionnement et la mise en place des lignes de cabotage afin de les rendre rentables et attractives à l'investissement. Techniquement,

le principal défi est de rendre plus rapides les dessertes de cabotage, afin d'offrir une véritable option à la route. Réussir le transfert modal, implique des changements structurels dans la forme de concevoir et d'effectuer les services de cabotage.

Après l'analyse des flux routiers de fret, l'existence d'un triangle de zones d'origine et de destination de flux entre lesquelles les principales liaisons de transport routier sont réalisées, est évidente. Aujourd'hui, il existe déjà, des zones de saturation routière dues au relief entre les trois principales zones de génération et d'attraction des flux routiers. Les engorgements continus du réseau routier sont une preuve que l'on atteint la limite de la capacité installée du réseau, mais techniquement l'augmentation de la capacité sera toujours possible. Le fait de continuer à aider le transport routier ou la possibilité d'établir une concurrence de modes de transport plus juste, est donc une question de choix politique et d'aménagement du territoire. Enfin, après une première analyse des flux routiers et des avantages du transport multimodal à forte composante de cabotage, nous pouvons affirmer que les possibilités de transfert de fret routier vers le cabotage existent, tant du point de vue géographique, technique et économique, mais la conviction et le travail coordonné des différents acteurs est nécessaire pour réussir les changements structurels indispensables au cabotage. L'engagement et l'investissement des états et de l'Union Européenne pour promouvoir le cabotage, nous semblent être le seul moteur réel pour réussir les changements structurels dont le cabotage a besoin.

## **Chapitre 4. La question du choix modal et la proposition de notre modèle: « Distances équivalentes de transport pour le choix de chaînes multimodales » (DETCCM)**

### **4.1 Les modèles de choix modal, pertinence et limites**

L'objectif de ce chapitre est la proposition de notre modèle de choix modal qui sera appliqué au cas de la concurrence entre le transport routier et le cabotage maritime en Europe (au chapitre 5). Nous analyserons l'intérêt de ce choix modal, puis nous passerons en revue les différents modèles existants, afin d'analyser leurs critères de détermination du choix, leurs avantages et inconvénients particuliers, ainsi que les types d'application qui sont les mieux adaptés à chaque modèle ainsi que leurs limites.

### **4.2 La question du choix modal**

Le choix modal est sans doute le facteur le plus déterminant dans la réalité de l'activité des transports. Dans la littérature d'économie des transports, on considère toujours le « choix modal » comme un facteur qui dépend exclusivement des caractéristiques et des performances de chaque mode de transport, c'est-à-dire, des avantages que chaque mode peut représenter pour les chargeurs par rapport aux autres modes. Mais nous voulons insister sur le fait que, bien que le choix modal obéisse aux avantages concurrentiels de chaque mode, la réalité de l'environnement des activités de transport, ne correspond pas à une situation idéale de libre concurrence parfaite et soumise aux mêmes règles. Les activités de transport ne se déroulent pas dans les mêmes conditions, ni au niveau de la régulation, ni des subventions (directes, indirectes ou sous un autre nom) ni des conditions de fonctionnement. Ainsi, bien que la communauté européenne et les pays européens aient accédé au plus haut degré d'évolution vers l'homogénéisation des conditions et de l'environnement des activités de transport entre pays d'un même continent, nous ne pouvons parler d'un cadre homogène des activités de transport en Europe. *En conséquence le choix modal dépend en partie des décisions et des choix autres que ceux des chargeurs.* Les décideurs politiques en rapport avec les activités de transport exercent donc une forte influence sur la réalité des transports. Cette influence est exercée par le biais de politiques publiques orientées afin de favoriser tel mode ou tel autre (2.5.2 et 2.5.3).

De notre point de vue, il existe deux types de choix modal. Le premier est le choix modal qui est effectivement fait par les chargeurs dans le cas du transport de marchandises, ce dont on parle habituellement. Le deuxième est le choix modal fait par les acteurs politiques et les décisionnaires des infrastructures de transport. Ce deuxième type de choix que l'on peut aussi concevoir comme un aspect de l'aménagement du territoire, n'est pas souvent considéré comme un facteur important du choix modal. Mais sans les infrastructures nécessaires à chaque mode, le choix modal des chargeurs serait tout simplement impossible. Plus un territoire possède d'infrastructures de transport diversifiées, plus le choix modal des chargeurs est possible. Alors, il nous semble important de dire que le choix politique qui favorise un mode ou un autre, influence indirectement le choix des chargeurs et a toujours fait l'objet d'une décision préalable.

D'autre part, les décisions politiques d'investissement en infrastructures, ne sont définies ni pour l'organisation, ni pour la technologie proprement dites des transports. En effet, ces décisions sont prises par rapport aux intérêts d'ordre social, de sécurité nationale, de développement régional et de prestige politique. Finalement, l'existence des infrastructures contribue de façon importante au développement d'un mode de transport ou d'un autre. Ainsi, le choix modal des chargeurs est influencé par le choix modal préalable des décisionnaires d'investissements et d'aménagements des infrastructures.

En réalité, le choix modal proprement dit, les causes qui motivent les décisionnaires des infrastructures, les chargeurs dans un deuxième temps pour le choix d'un certain mode, ainsi que la modélisation du choix, sont des sujets très complexes. Nous considérons que si plusieurs théories et modèles de choix modal ont été réalisés, de façon plus ou moins générale, la modélisation du choix modal reste un champ de recherche ouvert et peu exploré. Peut être, faudra-t-il d'abord changer la vision très simpliste des facteurs qui influencent la concurrence modale, pour aboutir à des modèles de choix plus proches de la réalité ? Les modèles devront servir d'outils de comparaison entre modes de transport et permettre ainsi la comparaison entre services bimodaux ou multimodaux. Cela s'avère nécessaire face à la réalité de la multimodalité et les exigences des services de porte-à-porte. Les modèles de comparaison entre deux modes pour des trajets directs deviennent alors insuffisants.

L'avenir du transport de marchandises en général, de notre point de vue, ne peut être que celui des « services intégrés de transport » : des services intégrés par différents modes et par différents opérateurs. Les modèles de choix modal devraient permettre des choix multimodaux dans leur ensemble et ne pas dépendre nécessairement de relations biunivoques de comparaison. Mais, qu'est que cela signifie en réalité ? Nous considérons que dans la pratique des activités de transport, ce choix serait représentatif de la tendance de formation des alliances et des fusions entre compagnies de transport d'un ou de plusieurs modes. Il est évident que dans le domaine des transports, cette globalisation de services se profile. Nous trouvons ainsi des alliances opérationnelles entre opérateurs du même mode, qui permettent à chaque membre d'élargir sa propre desserte, en utilisant le réseau et les véhicules des autres compagnies membres, de façon partagée. Comme exemple, des alliances opérationnelles qui existent, nous avons celle de la « SNCF » avec la « Deutsche Bahn » et avec la « Renfe », ou l'alliance aérienne « Sky Team ». D'autres alliances entre opérateurs de différents modes ont commencé à s'établir, comme dans le cas des alliances de la SNCF avec des opérateurs routiers, pour la promotion du ferroutage transalpin.

Dans le transport maritime en particulier, l'armateur devra devenir un peu transitaire et peut être aussi un peu routier et /ou un peu cheminot. Les alliances du futur ne seront plus des alliances maritimes ou aériennes comme elles existent déjà, mais des alliances de transport possédant les vecteurs de plusieurs modes de transport avec des réseaux de différentes natures, à interconnecter entre eux, pour proposer des services intégrés. Cette nouvelle ère des compagnies de transport débute déjà, nous avons l'exemple du cas de la compagnie « Hutchison Whampoa » dont on avait fait mention au premier chapitre. Celle-ci a fusionné avec d'autres compagnies d'activités différentes, présentes sur le port de Rotterdam, afin de contrôler dans son ensemble les services de transport maritime, la manutention et le transbordement de conteneurs sur un terminal, ainsi que l'acheminement et le post acheminement fluvial par le biais d'un traitement préférant les péniches au transport routier. Autres exemples : les services terrestres des lignes de transport aériennes, les flottes bimodales air-terre des services d'envoi rapide comme UPS ou DHL. Enfin, dans le cas du transport maritime, la réalité économique et celle des activités de transport, ne permettent plus aujourd'hui de planifier le développement futur des lignes maritimes, sans prendre en compte les trajets des marchandises dans leur ensemble, comme chaînes de transport multimodal. Nous ne

pouvons plus continuer à penser au choix unique d'un mode de transport. *A l'avenir, on devra faire le choix entre chaînes alternatives des transports.*

Ainsi dans le cas du transport maritime, nous considérons qu'il doit être lié aux autres modes de transport au sein des chaînes multimodales pour des produits ou pour des types de produits spécifiques. Bien sûr, pour arriver à ce stade d'intégration des services de transport au niveau mondial, nous sommes encore loin, mais la route est tracée et l'évolution est inéluctable. D'autre part, les modèles de choix entre chaînes de transport pourront servir non seulement aux prestataires de services de transport comme les armateurs, les compagnies de transport routier, ferroviaire ou fluvial, mais aussi aux transitaires, afin d'optimiser eux-mêmes leurs choix d'intégration d'une chaîne, pour une cargaison particulière. Les autorités portuaires pourront aussi les utiliser pour évaluer les arrière-pays potentiels des ports et les combinaisons terrestres possibles pour augmenter leurs trafics. Des modèles de simulation de chaînes multimodales permettront aux ports d'améliorer leur offre de services intégrés par le biais de partenariats et permettre ainsi l'expansion de leurs zones d'influence terrestre. *Les trafics maritimes doivent être recherchés à terre et non uniquement attendre qu'ils arrivent dans les ports grâce à la seule performance portuaire.*

Pour les aménageurs de territoire et les décideurs d'infrastructures et de politiques de transport, ce type de modèles pourra servir à mesurer l'impact des aménagements ou des changements organisationnels sur les réseaux et sur le fonctionnement des transports. Enfin, la conception de choix modal doit évoluer si l'on veut qu'il devienne un outil d'aménagement performant et mieux adapté à la réalité des activités de transport. Nous proposerons un modèle de choix modal basé sur l'idée de « chaînes multimodales de transport » (4.5). Nous ferons le point sur « l'état de l'art » des modèles de choix modal.

### **4.3 Les modèles de choix modal**

Le choix modal joue un rôle très important dans les activités de transport car il définira la demande de chaque mode, participera dans la définition du prix et de l'offre de transport (de façon indirecte par la loi du marché), définira aussi les adaptations techniques des véhicules (augmentation de capacité de charge des véhicules, adaptation des véhicules aux mesures de protection de la marchandise, nouveaux systèmes de

manutention, nouvelles unités de charge etc.). La demande potentielle, générée par les modèles de choix modal, sera ainsi l'un des facteurs les plus importants pour estimer les capacités des infrastructures et des services nécessaires à chaque mode de transport.

En effet, *le choix modal et la répartition modale qui en résulte, sont des facteurs structurants des activités quotidiennes des transports*. Nous passerons en revue quelques modèles de choix modal afin d'analyser leurs limites et leur avantages particuliers. L'analyse des modèles nous a aidé à mieux nous situer par rapport aux potentiels existants d'autres modèles, donnant ainsi une idée des attentes non satisfaites antérieurement. Notre modèle sera développé après cet examen des modèles et des méthodes que nous appliquerons au cas de la concurrence entre le transport maritime de cabotage et le transport routier de marchandises conteneurisées en Europe (Chapitre 5).

#### 4.3.1 Méthode de minimisation de coûts de tonnages transportés

Nous commencerons par le rappel d'une méthode classique de choix modal basée sur la comparaison entre alternatives de transport en fonction des coûts par tonnage transporté entre une origine  $i$  et une destination  $j$ , (voir page suivante). Dans cette méthode les flux de trafic doivent être connus ainsi que les coûts respectifs entre  $i$  et  $j$ . La somme de leurs coûts doit être visible dans une matrice Origine/Destination (a1) qui présente les différentes alternatives de trajet pour un mode. Il faudra donc construire une matrice pour chaque mode de transport impliqué dans le choix.

Après avoir recensé ou estimé les coûts, il faudra identifier les coûts minimaux pour chaque ligne et pour chaque colonne dans les matrices de coûts correspondants aux modes comparés. La méthode réalise donc la décision de choix de trajet selon l'expression (a2), dont  $C_{ij}$  représente les coûts de transport par tonne transportée à partir de la zone (ou le point géographique)  $i$  à la zone  $j$ ,  $X_{ij}$  représente le trafic ou tonnage transporté entre  $i$  et  $j$ . Dans la matrice d'alternatives de transport,  $R_i$  représente la ligne correspondante à la zone de départ  $i$  et  $K_j$  la colonne correspondante à la zone d'arrivée  $j$ . Finalement, il faudra simplement comparer les coûts correspondants à chaque trajet  $X_{ij}$  pour les différentes modes.

**Fig.37 Modèle de choix modal par minimisation de coûts de tonnages transportés**

**1. Matrice Origine – Destination affectée par les coûts respectifs de chaque possible trajet  $X_{ij}$  (une matrice par mode).**

(a1)

Destination	1	2	3	.....	J	Trafic total de départ
Origine						
1	$C_{11} X_{11}$	$C_{12} X_{12}$	$C_{13} X_{13}$	..	$C_{1j} X_{1j}$	$R_1$
2	$C_{21} X_{21}$	$C_{22} X_{22}$	$C_{23} X_{23}$	..	$C_{2j} X_{2j}$	$R_2$
3	$C_{31} X_{31}$	$C_{32} X_{32}$	$C_{33} X_{33}$	...	$C_{3j} X_{3j}$	$R_3$
...	.....	.....	.....	.....	.....	...
I	$C_{1j} X_{1j}$	$C_{2j} X_{2j}$	$C_{3j} X_{3j}$	...	$C_{ij} X_{ij}$	$R_I$
Trafic total à l'arrivé	$K_1$	$K_2$	$K_3$	.....	$K_J$	

**2. Définition des coûts minimaux par trajet et par mode**

$$\text{Min} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J C_{ij} * X_{ij} \quad (a2)$$

**3. Choix du mode par comparaison entre coûts minimaux de chaque mode pour le même trajet (cas de choix entre 2 modes)**

$$\text{Min} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J C_{ij} * X_{ij} \quad ; \quad \text{Min} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J C_{ij} * X_{ij}$$

mode 1 mode 2

Cette méthode peut être représentée comme un problème de programmation linéaire avec une fonction objective et des restrictions linéaires. Cependant, les auteurs reconnaissent que les résultats obtenus avec ce modèle peuvent être insatisfaisants, car dans la réalité, le marché des transports n'obéit pas forcément au critère de minimisation des coûts. Ils reconnaissent aussi que les résultats du modèle sont valables seulement dans le cas de marchandises homogènes.

Nous pouvons identifier certaines limites de ce modèle, comme le fait de considérer que l'on peut obtenir facilement les coûts totaux par tonnage à transporter, sans aucune autre précision sur ce qu'ils considèrent « coût du transport » ni sur la façon de l'évaluer. Un autre facteur important d'imprécision du modèle est le fait de considérer uniquement des tonnages et des coûts par tonnage transporté sans prendre en compte, ni la nature des marchandises, ni aucune dimension géographique, ni le temps du voyage, lesquels influencent fortement le choix modal (2.3.1).

D'autre part, considérer les tarifs de fret comme seul critère de choix est déjà insuffisant, parce que finalement, les tarifs de fret sont toujours négociables et négociés, ce qui enlève une part d'approche à la réalité de ce modèle. Indépendamment de la négociation, les tarifs ne sont pas homogènes même sur des territoires réduits, ce qui empêche une application générale du modèle. Même entre pays de l'Union Européenne, avec toutes les homogénéisations que cela implique, les tarifs du transport changent sensiblement dans les différents pays de l'Union pour un même mode de transport et un même service. *Puisque, les tarifs ne sont pas un critère homogène de comparaison entre modes de transport, les modèles de choix ne peuvent être uniquement fondés sur ce critère.*

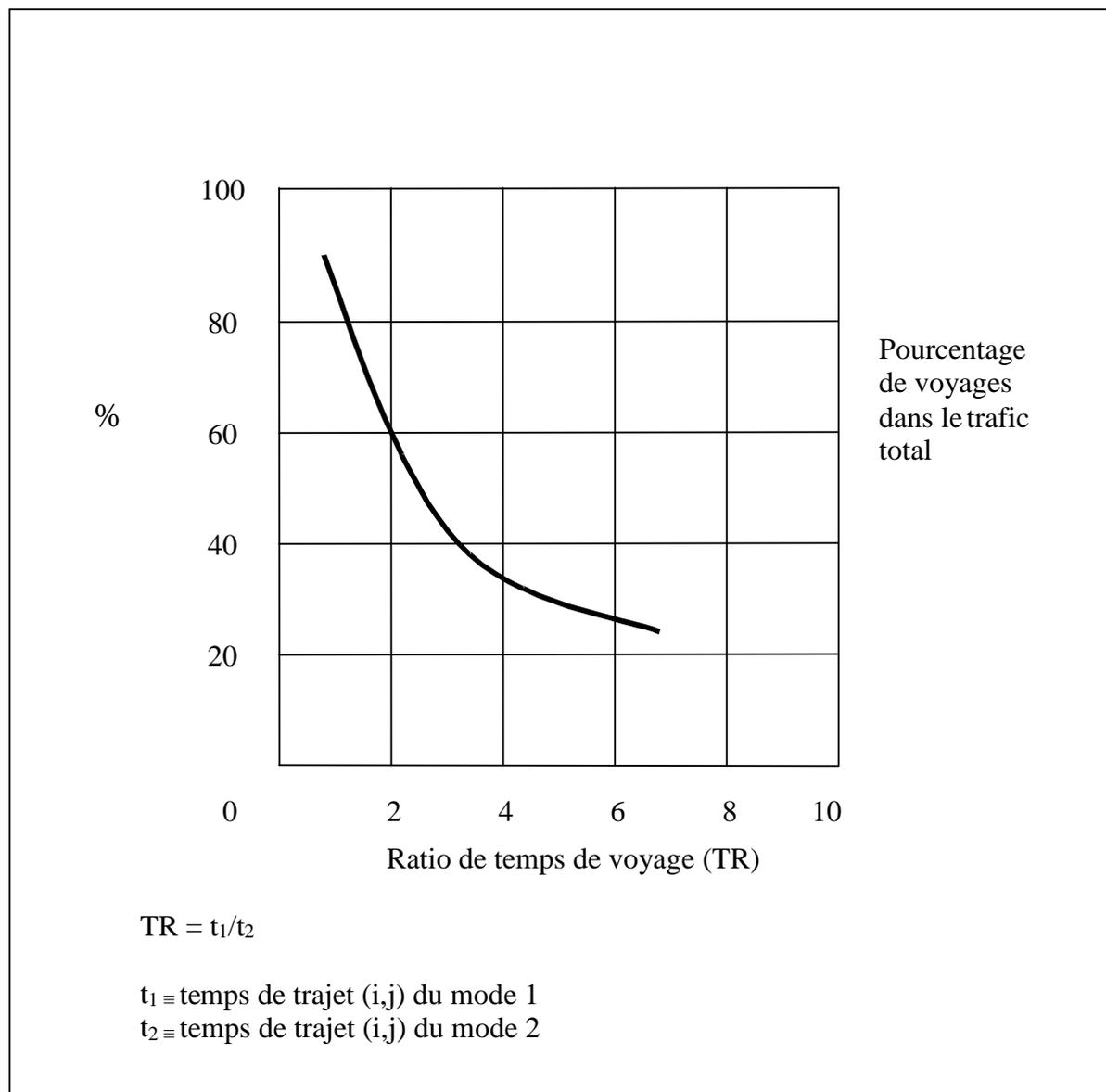
#### **4.3.2 Méthode de minimisation des délais de transport** *(Travel time ratio for modal choice)*

Dans cette méthode il s'agit d'analyser les flux connus entre une origine et une destination et de se décider pour un des deux modes, sur la base, de la comparaison entre leurs caractéristiques de trajet. La méthode repose sur la construction d'une courbe de comparaison reconnue comme courbe de distribution du trafic « Trip Diversion Curve ».

Cette courbe représente la variation du ratio d'une caractéristique spécifique entre les deux modes de transport à comparer (ratio du temps de trajet dans ce cas) par rapport au pourcentage des véhicules qui ont fait le trajet et qui ont été recensés (pourcentage du flux).

Ainsi, la courbe nous indique la répartition modale existante entre deux modes de transport, par rapport au pourcentage total de trafic recensé dans chaque mode et pour la même desserte. La courbe, en fonction du quotient ou « ratio » des temps de trajet (TR) pour une origine et une destination données, nous permet d'apprécier les avantages d'un mode sur l'autre en termes de : Combien de fois un mode de transport est-il plus rapide (ou plus efficace) ? Les variables  $t_1$  et  $t_2$  représentent le temps du trajet du transport pour les modes 1 et 2. Le pourcentage nous permet d'estimer la limite de la véracité de l'appréciation antérieure. On pourrait aussi l'interpréter comme une probabilité d'occurrence d'une proportion  $TR = t_1 / t_2$  donnée. De cette manière,  $TR = 1$  indiquera l'indifférence de choix entre les deux modes, et une préférence logique pour le mode 1 si  $TR < 1$ , ainsi qu'une préférence pour le mode 2 si  $TR > 1$ .

Même si cette méthode est basée sur la comparaison des temps de trajet, elle a l'avantage d'être utilisable pour évaluer les modes avec d'autres critères tels le coût de trajet, le prix aux chargeurs ou autre, à condition d'effectuer les enquêtes nécessaires à l'obtention des données.

**Fig.38 Ratio de temps de voyage pour le choix modal**

Transportation, William R. Balck, 2003

Cette méthode de choix modal peut être plus précise ou plus proche de la réalité si l'on considère les temps accessoires à chaque trajet. Par exemple dans le transport routier, le temps perdu dans les files d'attente aux péages ( $t_p$ ), lors des arrêts en station service ( $t_s$ ), lors des contrôles pendant le voyage ( $t_c$ ), le temps d'attente pour accéder au lieu de chargement ( $t_a$ ), le temps de charge et de déchargement des marchandises ou de manutention des conteneurs ( $t_m$ ).

Dans le cas du cabotage, ces temps « accessoires » au trajet, peuvent être le temps d'attente des navires dans les ports pour avoir un quai ( $t_{aq}$ ), le temps d'embarquement ( $t_e$ ), le temps de débarquement ( $t_d$ ) de marchandises dans les ports et les temps de pré acheminement ( $t_{ach}$ ) et post acheminement terrestre ( $t_{pach}$ ). Ainsi, pour cet exemple, nous avons de façon générale les temps suivants intégrés dans le trajet entre l'origine et la destination.

$$t_{route} = t_m + t_{trajet\ routier} + t_p + t_s + t_c + t_a + t_m$$

$$t_{cabotage} = t_{ach} + t_{aq} + t_e + t_{navigation} + t_{aq} + t_d + t_{pach}$$

Enfin, nous pourrions ajouter ou préciser des temps d'attente pour divers autres motifs dans des cas particuliers. Cette méthode est aussi applicable sur la base d'autres critères de préférence. Dans le cas de transport de marchandises, Roberts (1977) a identifié les suivants : la ponctualité du transport par mode, le niveau de dommage à la marchandise pendant le transport selon le mode, les tarifs de fret, le niveau de protection de la marchandise dans chaque type de véhicule pendant le transport de produits périssables ou dangereux et la densité de marchandise transportée. La densité peut influencer le choix modal si l'on considère que différents produits occupent différents volumes dans les véhicules (vecteurs) de transport, ce qui peut faire varier de façon importante le nombre de véhicules nécessaires (d'un mode ou d'un autre) pour déplacer un même volume. Grâce à cette différence de densité, un moyen de transport peut devenir plus rentable qu'un autre moyen de transport qui, à priori, n'était pas compétitif. Roberts, finit par remarquer que d'autres multiples variables peuvent être considérées et que leur importance dans le choix changera en fonction de la nature des produits transportés.

Nous considérons ce modèle plus approprié que la méthode de minimisation des coûts présentée en premier lieu. Premièrement, cette méthode peut prendre en compte des variables diverses qui se rapprochent plus de la réalité des activités et des contraintes du transport. Deuxièmement, le quotient ou « ratio » permet une comparaison directe entre les modes, prenant en compte leurs propres caractéristiques. Finalement, la méthode peut être utilisée à divers degrés de précision en fonction du détail de l'information sur les coûts, sur les délais, sur les précautions apportées à la marchandise pendant le transport ou sur une autre variable de choix. Cependant, nous trouvons aussi certaines limites à cette méthode. Comme la première méthode, celle-ci est basée sur des informations recueillies directement auprès des transporteurs ou des clients du transport,

ce qui lui donne un caractère de méthode empirique et déductive sur le comportement passé des décideurs du choix modal. Si l'on utilise ce modèle comme un outil pour le choix modal, sur la base du comportement passé du trafic, on ne fera que poursuivre une tendance de choix, laquelle ne considère pas les possibles évolutions récentes de chaque mode. Comment prendre en compte dans ce modèle, une amélioration modale ?

Si l'on apporte des améliorations dans un mode, elles ne peuvent pas être représentées dans le modèle. Le caractère descriptif de l'information de base, impose un délai après l'implantation des améliorations, pour permettre au marché de réagir au changement. De plus, un autre délai sera nécessaire pour s'apercevoir des changements de la préférence des chargeurs. Dans tous les cas, les évolutions dans un mode seront reflétées tôt ou tard par le comportement des chargeurs, mais on ne pourra être renseigné sur la cause de ces évolutions. Cela ne sera possible que si l'on peut mener des prélèvements d'informations (enquêtes, questionnaires, entretiens ou autres) de façon périodique et continue. Nous considérons donc cette méthode comme un bon moyen pour être sensibilisé au comportement réel du trafic de marchandises et de choix des chargeurs à un moment donné ou pour connaître l'évolution du choix modal sur une période de temps, mais son utilisation comme outil de choix modal ne nous semble pas appropriée.

Une autre caractéristique qui nous paraît limitative de ce modèle, est le fait que la construction de la courbe de distribution du trafic soit basée sur le quotient TR, lequel, pour être calculé, a besoin des données du temps de trajet entre une origine et une destination connues pour les deux modes à comparer. En d'autres termes, il est nécessaire que les modes concurrents aient réalisé à l'avance la desserte entre les deux points géographiques à étudier. Ceci limite toute utilisation exploratoire pour des nouveaux trajets. De plus, comme « TR » prend en compte uniquement une caractéristique (le temps dans ce cas), sans aucune description, ni considération de la cause des délais de trajet de chaque mode, les résultats obtenus dans un cas spécifique ne peuvent pas être généralisés. Les caractéristiques particulières de chaque trajet et de chaque mode, empêchent l'extrapolation des résultats. En tant qu'outil de choix modal, cette méthode nous semble assurément plus complète et plus exacte que la première méthode de minimisation des coûts. Mais nous pensons que son utilisation n'est valable que dans le cas de trajets bien étudiés, et que dans le meilleur des cas, ses résultats sont néanmoins insuffisants pour guider le choix modal.

### 4.3.3 Méthode de point de rupture de la demande (Break point for modal choice)

Cette méthode assume le choix fait par les utilisateurs par rapport à la variable « distance », qui est basée sur les données des distances existantes entre divers points à desservir par un mode de transport et un nœud de destination ou d'origine en commun. En d'autres termes, les données des déplacements quotidiens doivent être recensées préalablement. Le problème de choix peut être résolu en déterminant la distance moyenne pour les deux ensembles de données correspondantes aux déplacements pour chaque mode analysé. Ensuite, il faut obtenir une moyenne des moyennes modales, c'est-à-dire, des distances moyennes de trajets pour chaque mode. Cette troisième moyenne est reconnue comme *point de rupture* ou « break point » de choix entre deux modes de transport sur une même desserte. Finalement, le point de rupture entre deux modes nous indiquera le mode à choisir pour toute nouvelle distance de trajet, pour des voyages entre un point « x » et le nœud commun. De notre point de vue, cette méthode de choix modal est capable de démontrer une réalité de choix modal déjà existante. Elle résume, d'une certaine manière, divers facteurs de choix et les utilise pour trouver un résultat ponctuel. Mais elle n'essaie pas de modéliser le choix, mais simplement de trouver un choix représentatif ou « moyen » de l'ensemble des choix recensés préalablement.

**Fig.39 Théorie pour l'obtention du point de rupture de la demande (Break point for modal choice)**

$$BP_{(i,j)} = \frac{1}{2} (MT_{\text{mode } i} + MT_{\text{mode } j})$$

$$MT_{\text{mode } i} = \sum dd_i / nu_i \quad ; \quad MT_{\text{mode } j} = \sum dd_j / nu_j$$

BP ≡ Point de rupture entre les modes

MT ≡ Moyenne des distances de déplacement des utilisateurs du mode de transport i

dd ≡ Distances de déplacement des utilisateurs du mode de transport i

nu ≡ Nombre d'utilisateurs du mode de transport i

H.Martell, d'après Transportation. William Black,2003

Nous considérons que cette méthode est utile pour comprendre le comportement de choix modal, mais son utilisation comme index pour un nouveau choix de transport n'est guère utile car nous ne ferions que confirmer une préférence ou tendance de choix déjà établie.

D'autre part, les contraintes de recensement des données de la méthode rendent son application difficile et coûteuse à grande échelle. Le fait de considérer le choix des utilisateurs de transport et d'établir le « point de rupture » sans aucune décomposition ou analyse des facteurs de choix, rend impossible toute utilisation de la méthode pour comprendre la motivation du choix actuel. Enfin, nous considérons le « point de rupture » comme un indicateur acceptable de la distribution modale mais non comme un outil pour de nouveaux choix de transport.

#### 4.3.4 Le modèle LOGIT pour le choix modal

Il s'agit d'un modèle stochastique de choix modal qui est basé sur la comparaison des attributs particuliers des modes comme la distance, le coût ou le temps de trajet en prenant en compte des facteurs aléatoires. La méthode est basée sur la détermination d'une fonction d'utilité  $U(i)$  pour chaque choix modal possible  $i$ . (eq.d1)  $V(i)$  est une fonction des attributs du mode  $i$ . Finalement,  $e(i)$  est l'élément stochastique ou aléatoire de la fonction d'utilité. Le principe du modèle est le suivant : « La probabilité de choisir un mode de transport  $i$  plutôt qu'une alternative  $j$  est égale à la probabilité que l'utilité de  $i$  soit plus grande que l'utilité de  $j$  ». (eq.d2)

Le modèle « LOGIT choice model » est d'utilisation courante et considère des attributs stochastiques. Il incorpore l'utilisation du logarithme naturel  $e$  égal à 2.71828182 pour représenter les phénomènes aléatoires possibles qui pourront se présenter. (eq.d3)

**Fig.40 Théorie du modèle LOGIT pour le choix modal**

$$\mathbf{U(i) = V(i) + \exp(i)} \quad (\text{eq.d1})$$

$$\mathbf{p(i) = p[(U(i) > U(j)], \text{ pour tout } j \neq i} \quad (\text{eq.d2})$$

$$\mathbf{p(i) = \exp^{V(i)} / \sum_j^n \exp^{V(j)}} \quad (\text{eq.d3})$$

$n \equiv$  nombre de modes de transport

Transportation, William R. Balck, 2003

Ce modèle est basé sur la détermination d'une probabilité de choix modal  $\mathbf{p(i)}$  qui dépend de la comparaison des utilités entre modes concurrents. Il nous semble plus complet que les méthodes de choix modal précédentes car il considère que le choix modal peut être réalisé par rapport aux différents critères de préférence des chargeurs, par le biais de la fonction d'utilité. Cette fonction d'utilité est le critère décisif du choix modal et sa détermination n'a pas besoin de données statistiques sur un trajet précis, ni d'enquêtes auprès des chargeurs. Le modèle donne aussi l'avantage d'être applicable de façon universelle et non seulement sur des trajets définis au préalable.

D'autre part, il a aussi l'avantage de pouvoir estimer le choix modal entre plusieurs modes, tandis que les méthodes présentées auparavant supposent toujours de comparer deux modes. Finalement, l'existence des phénomènes aléatoires est prise en compte dans ce modèle comparatif. Cependant, nous considérons que le modèle souffre d'un manque d'approche de la réalité des activités spécifiques de chaque mode. Le facteur aléatoire pourrait être substitué par d'autres facteurs analytiques plus précis et estimés sur la base des caractéristiques ou des conditions propres à chaque mode.

### 4.3.5 Le modèle de la courbe logistique

Dans ce cas, la modélisation du partage modal est fondée sur l'idée que ce partage dépend de la différence entre les coûts de transport. La forme générale du modèle dans le cas du choix entre deux modes, est celle d'une courbe logistique.

$$\mathbf{Pr(1) = 1 / [1 + \exp \mu(C_1 - C_2)]}$$

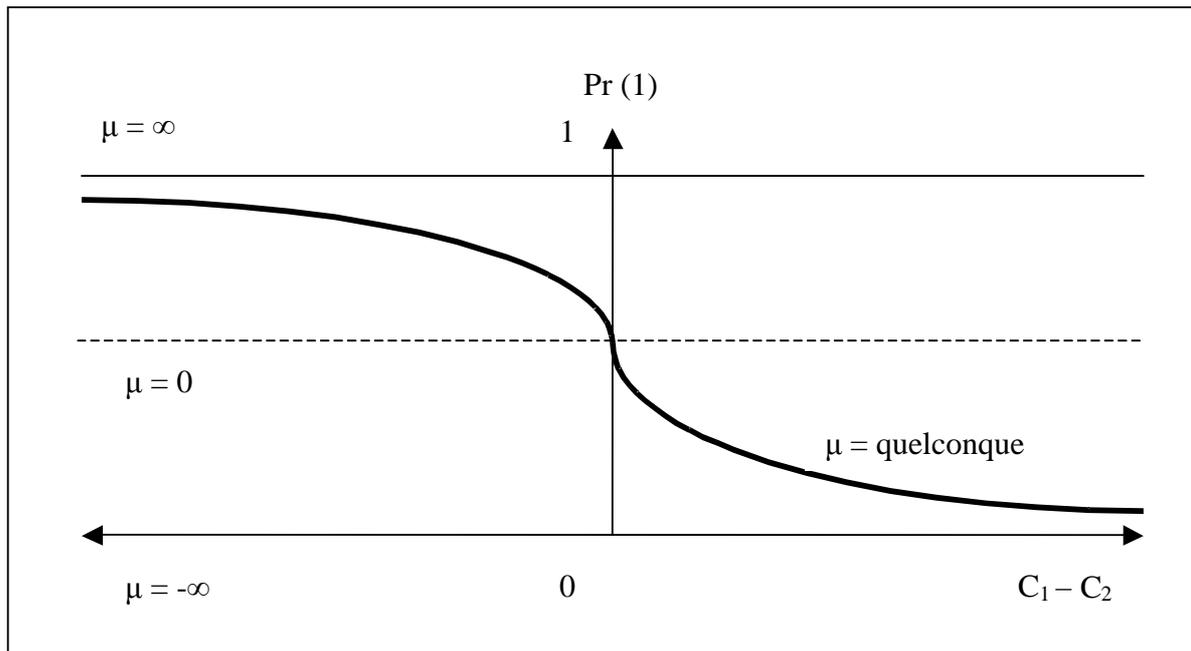
**Pr(1) ≡ Proportion d'utilisation du mode 1**

**C1, C2 ≡ Coûts généralisés de chacun des deux modes**

**μ ≡ Paramètre positif**

Quinet E., 1998

Le modèle suppose que le choix est plus ou moins sensible à la différence de coûts. Le fait de choisir entre « tout ou rien » correspond à la valeur infinie de  $\mu$ . La situation dans laquelle le partage serait insensible aux coûts correspond à la valeur  $\mu = 0$  (voir courbe logistique).

**Fig.41 Courbe Logistique pour le choix modal**

Quinet E.,1998

Au niveau agrégé, l'unité d'observation est constituée par un couple origine/destination et **Pr (1)** représente la proportion d'utilisateurs utilisant le mode 1 dans la population totale. Le modèle peut atteindre une meilleure approche de la réalité du choix modal en considérant d'autres variables qui intègrent la préférence des utilisateurs du transport.

$$C_1' = C_1 + \varepsilon_1'$$

$$C_2' = C_2 + \varepsilon_2'$$

Les  $\varepsilon$  sont des variables aléatoires centrées et indépendantes. Elles représentent les différences entre les modes. Elles peuvent concerner soit des paramètres non pris en compte dans le coût généralisé **C1** et **C2**. Les variables de type  $\varepsilon$  peuvent représenter des facteurs comme la rapidité, la souplesse, le soin de la manutention ou quelque autre facteur d'intérêt pour un chargeur en particulier, par le biais d'un coût représentatif du facteur d'intérêt. L'utilisation des paramètres de type  $\varepsilon$  se traduit par le fait qu'une éventuelle égalité de coûts **C1** et **C2** n'entraîne pas l'égalité des parts modales.

### 4.3.6 La théorie des aires de marché

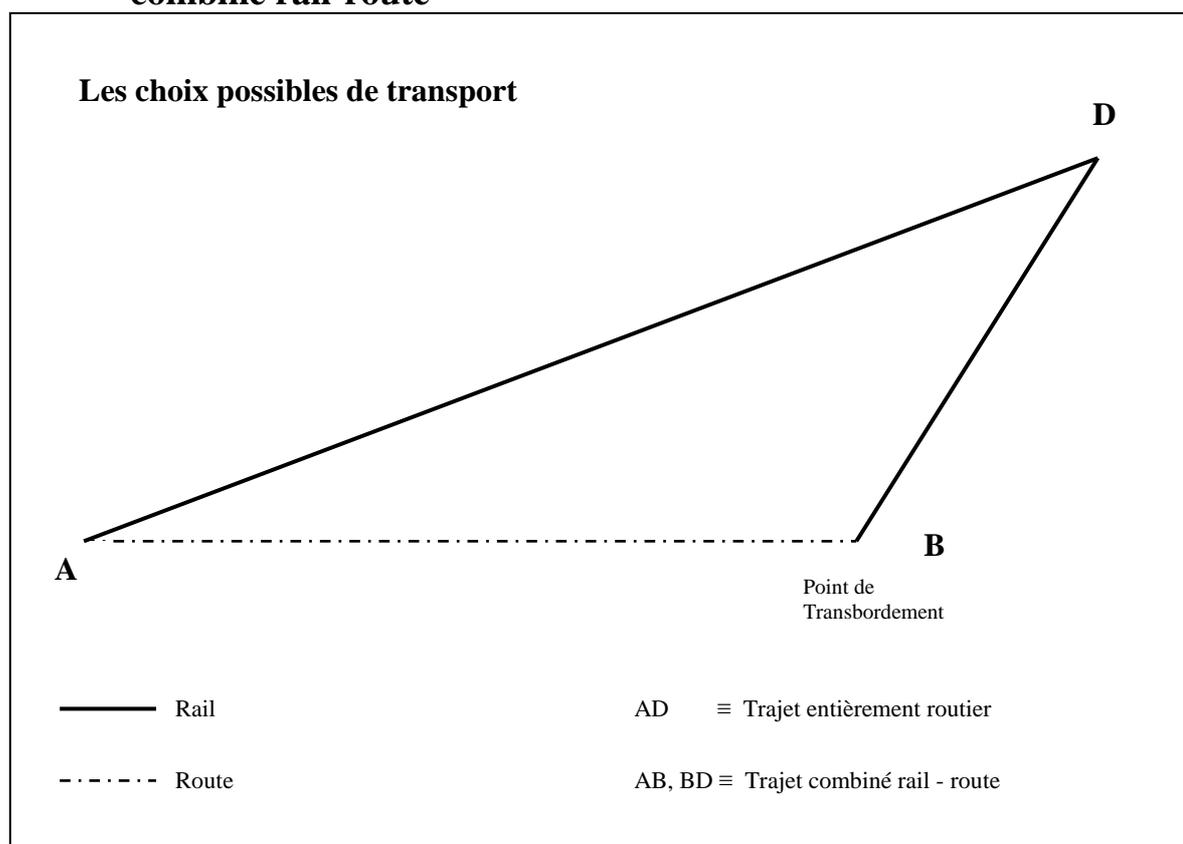
La théorie des aires de marché est connue depuis le début du XX siècle. Cheysson (1887) et Palander (1935) en ont énoncé les principes. Ils ont esquissé des développements dans le domaine du transport de marchandises. Cependant, les chemins de fer occupaient alors une position de monopole, la concurrence entre les modes de transport n'était pas une préoccupation de l'époque. Leurs travaux sur la concurrence modale ont été relégués dans l'économie des transports. Nierat (1987) a réalisé des développements récents de cette théorie en travaillant sur des applications dans la concurrence de transport de marchandises, entre le rail et la route.

Cette théorie considère le choix modal d'une entreprise, libre de choisir entre deux modes de transport et qui retiendra la solution la moins coûteuse. L'entreprise doit transporter une marchandise d'un point A à un point D. Deux solutions sont envisagées. La première solution, est de réaliser le transport entièrement par route, de A jusqu'à la destination finale D. La deuxième solution, est d'utiliser le transport combiné ; dans ce cas le transport se décompose en trois étapes :

- 1 à partir de A, on rejoint un centre de transbordement pour embarquer sur le train ;**
- 2 le parcours ferroviaire aboutit au centre de transbordement situé en un point B, proche de la destination finale ;**
- 3 ensuite, un trajet routier est nécessaire pour rejoindre la destination finale D.**

En supposant que le coût soit le seul critère de choix, quelle solution de transport sera retenue ?

**Fig. 42 Schéma comparatif du transport routier et du transport combiné rail-route**

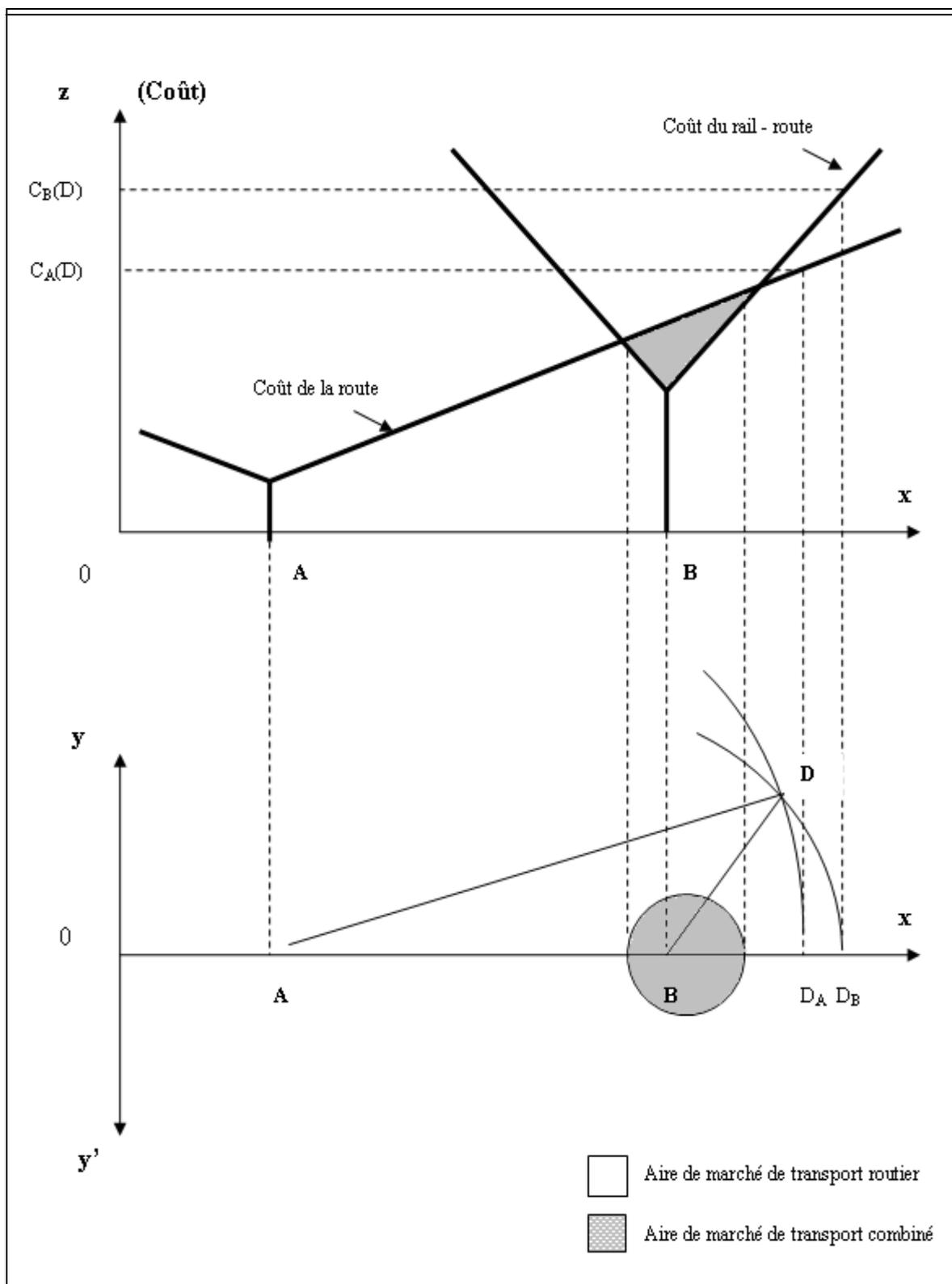


Nierat P.,1991

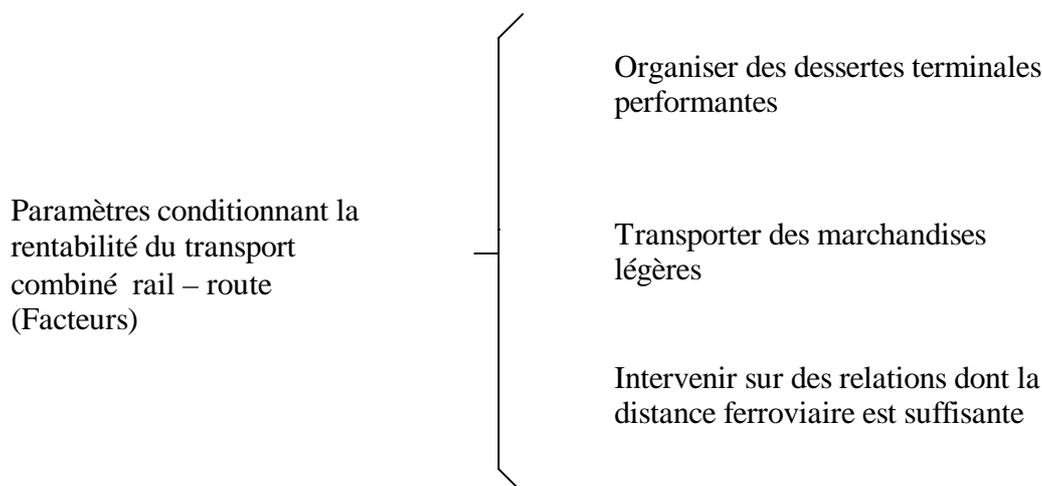
La théorie des aires de marché permet la comparaison de coûts. Elle détermine l'ensemble des points D pour lesquels le transport combiné est moins cher que le transport entièrement routier. Mathématiquement le problème se traduit de la façon suivante (voir figure 43). On se place dans un espace à trois dimensions. Le plan (Ox, OY) représente l'espace physique de circulation, l'axe Oz est la représentation de coûts. Dans ce repère, les points A, B et D se retrouvent sur l'espace de circulation (en bas de la figure). On construit ensuite les coûts pour les solutions de transport. Pour le transport entièrement routier, on fait l'hypothèse que le coût s'exprime comme la somme d'une charge fixe et d'une charge variable, proportionnelle à la distance à vol d'oiseau (l'espace physique est supposé homogène). Cette hypothèse est conforme à la manière dont les entreprises évaluent leurs coûts d'exploitation. Dans la dimension de coûts (partie supérieure de la figure), cette hypothèse se traduit par la courbe placée au dessus du point A. Cette courbe a la forme d'un cône dont le minimum est atteint en A. Pour le parcours combiné, le problème s'analyse à partir du point B, centre de transbordement où s'achève le trajet ferroviaire. Pour aller de A à B, l'entreprise a engagé un certain nombre de

dépenses (pour aller rejoindre le chantier de départ proche du point A , augmentées du prix du trajet ferroviaire de A à B). Lorsque la marchandise arrive au point B, ces dépenses se traduisent comme une charge fixe. A partir du point B, il faut alors se rendre par la route jusqu'à la destination terminale D. Comme pour un parcours routier, le coût comprend alors les charges fixes et variables. Au dessus de B, on peut donc tracer la courbe de coût du transport combiné. C'est aussi un cône. Les charges fixes de cette courbe sont égales à l'ensemble des dépenses engagées pour aller de A à B, auxquelles s'ajoutent les charges fixes du trajet routier terminal. L'intersection des deux cônes donne les lieux pour lesquels les parcours routier et combiné ont exactement le même coût. Cette courbe appartient à la famille des ovales de Descartes, c'est un hypercercle (Fetter,1924 ;Hyson et Hyson 1950). A l'intérieur de la surface grisée (Fig.43), le transport combiné est le moins cher, à l'extérieur le transport routier est le moins cher. La surface grisée est appelée l'aire de marché du chantier B. L'aire de marché est le résultat d'une construction théorique. Les caractéristiques des cônes (pente et hauteur) se déforment selon les conditions d'exercice de l'entreprise (déséquilibre de trafic de longue distance, taux de parcours à vide des dessertes terminales, niveau de salaire des conducteurs), selon les remises consenties par les opérateurs, selon la productivité du matériel utilisé. L'aire de marché du transport combiné se déforme à son tour, dans une proportion qui traduit l'impact de chaque paramètre d'exploitation sur l'intérêt du transport combiné. On peut ainsi définir quels paramètres conditionnent la rentabilité du transport combiné. Nous considérons que la théorie des aires de marché est la plus complète parmi les méthodes de choix modal déjà exposées. Bien que P. Nierat, ait développé sa méthode plutôt pour l'étude de la compétitivité du transport combiné rail – route par rapport au transport routier, elle est applicable à d'autres modes. Elle prend en compte divers facteurs qui limitent l'approche à la réalité dans les autres modèles, par exemple, l'acheminement le post acheminement et les coûts fixes. Cette théorie a aussi l'intérêt de considérer la participation combinée de deux modes de transport pour pouvoir comparer avec l'alternative unimodale. Finalement, elle a aussi l'avantage de permettre une exploration des effets des divers facteurs du transport qui interviennent dans la définition des coûts variables. On peut s'apercevoir de ces différents effets grâce aux pentes des cônes correspondants à chaque alternative. Ceci, offre donc la possibilité d'un usage exploratoire de la théorie pour des dessertes de transport non existantes. De cette manière, la théorie des aires de marché perd le caractère empirique des autres méthodes de choix modal exposées.

**Fig. 43 Construction de l'aire de marché du transport combiné rail – route**



Dans le cas de l'étude de compétitivité entre le transport routier et le transport combiné rail – route (P.Nierat,1991), certains facteurs qui influencent la compétitivité du transport combiné se sont manifestés. Bien que l'étude ne corresponde pas au sujet du cabotage, nous ferons un bref commentaire de ces résultats afin de mieux exposer les potentialités de la théorie. L'étude analyse la relation Paris – Avignon par des données de 1989, et donc les facteurs de compétitivité trouvés obéissent aux conditions locales. Mais, la méthode et le modèle de choix sont susceptibles d'application générale, à d'autres échelles géographiques et pour d'autres modes de transport.



Les facteurs de la compétitivité sont définis par :

- |  |  |
|--|--|
| Organiser des dessertes terminales performantes                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peu de parcours à vide ;</li> <li>• Un grand nombre d'opérations de transports quotidiens</li> </ul>  |
| Transporter des marchandises légères                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capturer des flux déséquilibrés ;</li> <li>• Préférer les marchandises légères ;</li> <li>• Tarifs négociés et remises aux chargeurs</li> </ul> |
| Intervenir sur des relations dont la distance ferroviaire est suffisante | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distances courtes dans des tissus industriels denses ;</li> <li>• Distances longues pour des sites industriels disséminés</li> </ul>            |

#### **4.4 Proposition d'un modèle de choix entre chaînes multimodales de transport : « Distances équivalentes de transport pour le choix de chaînes multimodales » (DETCCM)**

Après analyse des potentialités et des limites des modèles existants de choix modal, nous nous sommes aperçus de la nécessité d'un modèle qui accepte les variations des paramètres de chaque mode de transport, qui puisse prendre en compte les possibles combinaisons modales et qui puisse servir d'outil pour l'élaboration de scénarios de répartition modale. Nous avons donc conçu un modèle analytique applicable à différentes échelles géographiques, capable de comparer non seulement deux modes mais aussi plusieurs modes entre eux, et susceptible de prendre en compte les combinaisons des modes de transport.

Nous proposons un modèle de « choix modal » ou plutôt de « choix entre chaînes de transport » pour le transport de marchandises. L'idée est d'analyser et de comparer des paramètres homogènes suivant toutes les combinaisons modales possibles et susceptibles de faire la liaison entre un point d'origine et un point de destination.

##### **4.4.1 Quel type des données pour notre modèle ?**

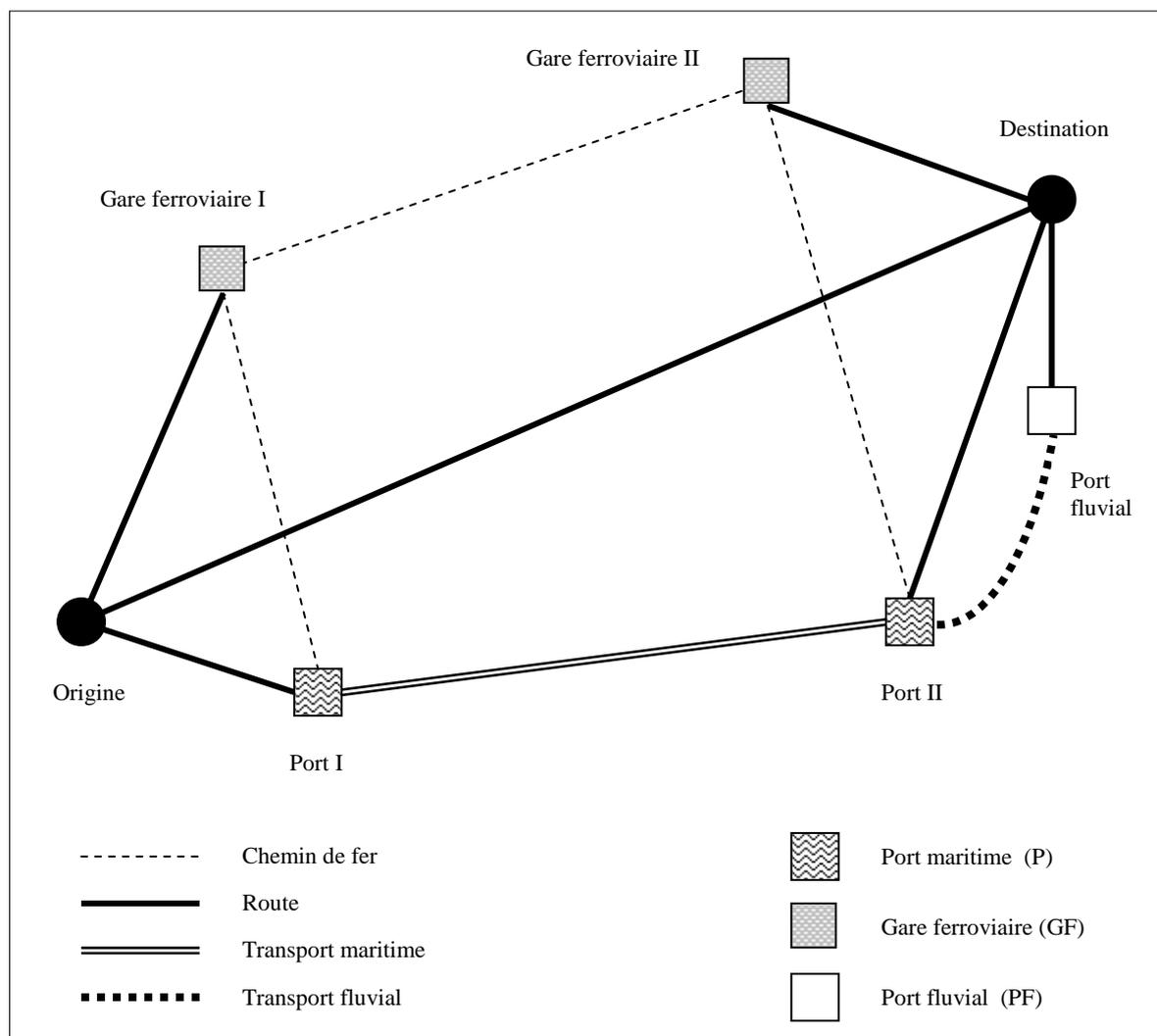
On doit aussi rappeler, que dans la réalité, l'obtention des données pose un des grands problèmes pour l'application des modèles ou méthodes de choix modal. D'une part, l'utilisation des données tirées des enquêtes est sans doute d'une grande utilité descriptive de la réalité, mais l'obtention des données par des enquêtes nécessite des ressources importantes en temps et en argent. D'autre part, comme on l'avait déjà mentionné, baser de nouvelles décisions de choix sur des méthodes et des données de ce type ne fait que poursuivre les tendances de choix modal déjà établies. Nous considérons donc qu'elles sont très utiles pour éclaircir un comportement de choix à un moment et dans un lieu précis, mais qu'elles ne sont pas d'une grande utilité pour la prospection des nouvelles alternatives de transport. L'utilisation de données purement quantitatives comme les coûts de transport et les méthodes ou modèles basés sur le concept purement concurrentiel ou de moindre coût, rend l'étude de choix plus analytique et l'obtention des données plus facile. Elles ont l'avantage de permettre la l'identification détaillée de la situation de concurrence entre alternatives de transport à condition que l'offre des services de transport soit déjà existante.

Nous considérons que l'utilisation de chaque type de données fait apparaître des résultats intéressants mais de natures différentes. Les méthodes basées sur des données d'enquêtes ont un caractère déductif et donc descriptif d'une situation déjà existante, les modèles analytiques basés sur des données quantitatives homogènes, (données réelles, statistiques, projections ou probabilités) ont un caractère inductif qui permet de prévoir le futur comportement du choix des transports, et par le biais de l'aide à la décision, modifier le choix de transport et éventuellement, la distribution modale à l'avenir.

#### **4.4.2 Le problème du choix modal, un double choix**

Dans la réalité des activités de transport, *faire un choix modal implique faire le choix du véhicule et aussi du trajet pour le transport de fret*. Ce double choix, doit être considéré pour les modèles de choix modal, car uniquement en prenant en compte l'effet intégral d'un choix modal, on pourrait approcher le modèle de la réalité des intérêts divers des acteurs, et le rendre un véritable outil de choix modal. D'autre part, le problème du choix du transport doit être traité de façon analytique pour ôter le côté descriptif et/ou empirique de certains modèles préalablement revus. Il faut que les modèles collent au plus près de la réalité du choix modal, en considérant les différentes alternatives existantes et leurs particularités au-delà des coûts ou des délais de transport. Les intérêts des divers acteurs du transport doivent être représentables. En même temps, le choix doit permettre une meilleure approche de la réalité de chaque mode de transport par le biais de paramètres réalistes, lesquels doivent être plus proches des activités quotidiennes des différents modes que des conceptions théoriques pures. La figure suivante résume de façon graphique un problème classique du choix de transport entre une origine « O » et une destination « D », quelconque.

**Fig. 44 Problème classique du choix de transport en considérant différentes options modales**



© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

Il est évident que la meilleure connexion des points d'origine et de destination aux différents réseaux de transport (ferroviaire, routier, fluvial et maritime), augmente la complexité du problème car le nombre de combinaisons modales possibles se multiplie. Dans le cas de la figure précédente nous avons 12 combinaisons modales possibles ainsi que la possibilité d'un transport routier direct, c'est-à-dire, 13 alternatives de transport.

O-GF1-GF2-D

O-GF1-GF2-P2-D \*

O-GF1-GF2-P2-PF-D \*

O-GF1-P1-P2-GF2-D \*

O-P1-P2-D

O-P1-P2-GF2-D \*

O-P1-P2-PF-D

O-P1-GF1-GF2-D

O-GF1-P1-P2-PF-D

O-P1-GF1-GF2-P2-D \*

O-GF1-P1-P2-D

O-P1-GF1-GF2-P2-PF-D \*

O-D

Si la liaison ferroviaire GF2-P2 n'existait pas (\*), nous aurions seulement 6 combinaisons et un trajet routier direct, ce qui donne 7 alternatives possibles.

En effet, l'analyse du problème de choix du transport, considéré comme une comparaison entre deux modes pour un service de bout à bout et basée uniquement sur le critère de coût, est en réalité très limitée. De plus, pour tous les modes (sauf le routier), il existe un besoin d'acheminement et de post-acheminement que les modèles revus (sauf celui de Nierat) ne prennent pas en compte. Le modèle que nous proposons est basé sur la comparaison directe entre les possibilités de transport de manière exhaustive. Par exemple, entre les 13 trajets possibles du problème de choix de la figure précédente.

#### 4.4.3 La conceptualisation du choix entre chaînes multimodales

Notre modèle est bâti sur deux principes : la combinatoire exhaustive des trajets entre points nodaux des différents réseaux de transport et la comparaison directe entre les services des différentes modes. Pour obtenir l'exhaustivité combinatoire, nous nous servons de la théorie des graphes et de leur interprétation mathématique afin d'obtenir l'ensemble des combinaisons possibles des trajets à partir de la superposition des différents réseaux de transport.

Dans un premier temps, il faudra donc, modéliser les réseaux des différents modes de transport à analyser selon l'échelle géographique d'intérêt. Pour pouvoir superposer et comparer directement des réseaux de différentes natures, nous aurons recours à un concept que nous appelons : « Distances équivalentes de transport » (DET). L'objectif de l'utilisation de ce type de distances (DET), est d'homogénéiser grâce aux critères de choix, les distances physiques de chaque réseau, afin de pouvoir les superposer et de les rendre directement comparables.

Dans un deuxième temps, le réseau global, issu de la superposition des réseaux, sera analysé par le biais d'un algorithme du « plus court chemin » afin d'obtenir la liaison la plus appropriée entre deux nœuds selon des critères variables de choix, tels que : les coûts de transport, le délai, l'émission des polluants ou la dépense énergétique. En effet, le « chemin le plus court » obtenu, représentera le trajet avec « la distance la plus courte », mais il s'agira de la DET et non de la distance physique. De cette manière, nous pourrons identifier le trajet le plus satisfaisant, parmi toutes les combinaisons modales possibles en fonction d'un critère de choix spécifique. Ce trajet nous définira la chaîne de sub-trajets, d'un ou de plusieurs modes de transport, entre les nœuds qui balisent la route optimale depuis l'origine jusqu'à la destination. Nous obtiendrons ainsi « la chaîne multimodale optimale ».

#### **4.4.4 Les nœuds**

Compte tenu du grand nombre de trajets possibles entre deux points origine - destination et dans l'esprit de l'exhaustivité, le modèle suppose l'existence de connexions directes entre tous les nœuds des réseaux en étude, c'est-à-dire, que le graphe associé est « complet ». Comme on le verra plus loin, la représentation matricielle de réseaux nous permettra d'ignorer facilement toute liaison inexistante. Selon les besoins de détails de l'étude, du nombre de nœuds de chaque réseau de transport impliqué (différents modes), et de l'échelle géographique d'intérêt, on peut considérer comme nœuds : les gares ferroviaires, les ports maritimes, les ports fluviaux, les aéroports, les plates-formes logistiques, les sites industriels, les villes ou n'importe quel autre point géographique intéressant pour l'analyse de choix des transports.

#### **4.4.5 Les arêtes**

Dans notre modèle, les arêtes du réseau d'analyse (issue de la superposition des réseaux) ont une grande importance car elles sont, en effet, les éléments de comparaison entre les alternatives de transport. Mais si on considère la nature des réseaux, des véhicules et l'organisation fonctionnelle de chaque mode de transport, il est indiscutable que la comparaison directe n'est pas évidente. Alors, des questions fondamentales se posent : Comment mesurer les arêtes d'un réseau si hétérogène ? Quelle doit être la

valeur des arêtes ? Comment prendre en compte les différents critères pour satisfaire les intérêts d'acteurs si divers que ceux de l'activité de transports des différents modes ?

De l'analyse précédente des modèles de choix de transports (4.3), on peut en déduire que le critère pour analyser et définir le choix, a été toujours limité aux coûts de transport. Seule la variable « temps », ou « délai de transport », a été prise en compte dans certains des modèles précédents. Il faut aussi remarquer que l'utilisation de la variable « temps » dans les modèles de choix modal, a été appliquée, principalement, à l'analyse de choix de transport de passagers. Pour le transport de marchandises, le « coût de transport » est le facteur qui intéresse en priorité les chargeurs. Mais comme on l'a vu (2.3.2), le temps de trajet pèse aussi d'un grand poids dans le choix pour le transport de marchandises. Nous considérons que les variables de coûts et de délais de transport, ont de multiples désavantages en tant que critères de comparaison à cause du manque d'homogénéité entre modes et même entre services du même mode :

- 1 Les coûts sont négociables et peuvent changer même pour les différents clients d'une même entreprise de transport
- 2 Les coûts de transport pour les chargeurs peuvent varier pour de multiples raisons non prévisibles et non contrôlables : inflation, hausse du prix des carburants, variations de l'offre et de la demande des services de transport
- 3 Les délais de transport sont eux aussi variables, en fonction de la performance des véhicules, des infrastructures, de l'organisation opérationnelle des différents modes de transport et des différentes entreprises de transport du même mode ; par exemple : la vitesse moyenne du rail en France est de 70 km/h (SNCF) tandis qu'en Espagne, elle fluctue entre 40-50 km/h (RENFE)

D'autre part, notre objectif est la conception d'un modèle de choix modal qui soit profitable à l'ensemble des acteurs concernés par les activités de transport, et non uniquement pour les chargeurs. Il faudra donc que le modèle soit multicritère. Il devra être utilisable avec des critères comme : la consommation énergétique, l'émission de polluants et tout autre critère susceptible d'intérêt pour les différents acteurs liés aux activités de transport ainsi que pour la construction et la maintenance des infrastructures.

### **Quelle mesure pour les arêtes ?**

Nous avons trouvé que le meilleur élément de comparaison, susceptible de pouvoir représenter les différents critères d'intérêt pour le choix modal, et en même temps

capable de permettre une comparaison directe entre modes de transport est « la distance ». En effet, des facteurs divers peuvent être attribués à la distance géographique. Ce qui nous permet d'utiliser le modèle sous différents critères selon l'intérêt de l'analyse ou encore faire une analyse multicritères. Finalement, tous les critères susceptibles d'intéresser les décisionnaires du choix modal, sont attribuables aux distances des trajets, et donc représentables dans notre modèle. Ainsi, nous pouvons avoir une mesure de transport homogène entre modes, adaptable aux divers critères de choix, et pérenne car les distances entre points géographiques sont constantes.

Le tableau suivant montre comment les différents critères de choix modal peuvent être représentés par des éléments de comparaison homogènes et directement mesurables entre modes, par le biais de l'attribution des distances.

**Fig.45 Critères de choix et utilités potentielles de comparaison attribuables aux distances physiques pour l'obtention des DET**

Critère de choix	Unité de mesure	Utilité de la comparaison
Coûts	[euros/Km]	Evaluation de coûts pour les chargeurs (Tarifs de transport)
Temps	[Km/h]	Evaluation des délais de transport
Dépense énergétique	[Kw/km]	Evaluation de la consommation d'énergie : carburants, électricité, gaz naturel etc.
Pollution	[CO/Km]	Evaluation des émissions des polluants à l'atmosphère : CO <sub>2</sub> , CO
Dommages provoqués aux infrastructures	[euros/Km]	Usage des infrastructures par les véhicules: évaluation de l'impact sur le coût d'entretien des infrastructures

En adoptant les distances modifiées par les critères de choix, comme élément de comparaison, le modèle devient utilisable en fonction des différents intérêts des acteurs des transports. Mais il ne s'agit pas de distances linéaires (à vol d'oiseau) entre points géographiques, les distances affectées seront des distances de trajet de véhicules de transport entre ces points afin de rendre les analyses de notre modèle plus proches de la réalité. Nous les appelons « Distances équivalentes de transport ».

Comme il s'agit des distances de trajet pour les différents véhicules (ou vecteurs) de transport, et non des distances à vol d'oiseau, la seule possibilité de modification des distances entre deux points, sera la construction d'une nouvelle route, d'une nouvelle ligne de chemin de fer, d'une nouvelle voie navigable, ou bien de nouvelles restrictions à la navigation aérienne ou maritime, mais nous considérons que cette possibilité n'affecte pas la pérennité du modèle, car de telles infrastructures sont fixes et ne peuvent pas s'agrandir rapidement. Toute modification des distances des infrastructures sera facilement incluse dans les données d'analyse. Les changements de restrictions à la navigation sont aussi peu probables, et facilement identifiables, si besoin était. Dans tous les cas, comme on le verra par la suite, l'obtention et/ou la vérification des distances seront parmi les premiers points de la méthode d'application de notre modèle de choix modal.

#### **4.4.6 Les distances équivalentes de transport (DET)**

Pour obtenir les distances équivalentes de transport, il faut d'abord faire référence à la distance du trajet entre deux points géographiques, pour chaque mode de transport à comparer. Les distances de trajet (DT), seront donc différenciées par rapport au tracé géométrique des voies et aux trajets nécessaires des véhicules des différents modes de transport : voies ferrées, voies d'eau, routes, et trajectoires de navigation maritime ou aérienne.

Une fois repérées les distances de trajet pour chaque mode analysé, il faudra définir le critère de comparaison entre modes, lequel pourrait adopter une des unités de mesure du tableau précédent. Dans le cas de comparaison entre cinq modes, nous aurons les distances équivalentes de transport suivantes :

$$\mathbf{DET}_f = \mathbf{DT}_f \cdot (\Phi_f)$$

$$\mathbf{DET}_r = \mathbf{DT}_r \cdot (\Phi_r)$$

$$\mathbf{DET}_w = \mathbf{DT}_w \cdot (\Phi_w)$$

$$\mathbf{DET}_m = \mathbf{DT}_m \cdot (\Phi_m)$$

$$\mathbf{DET}_a = \mathbf{DT}_a \cdot (\Phi_a)$$

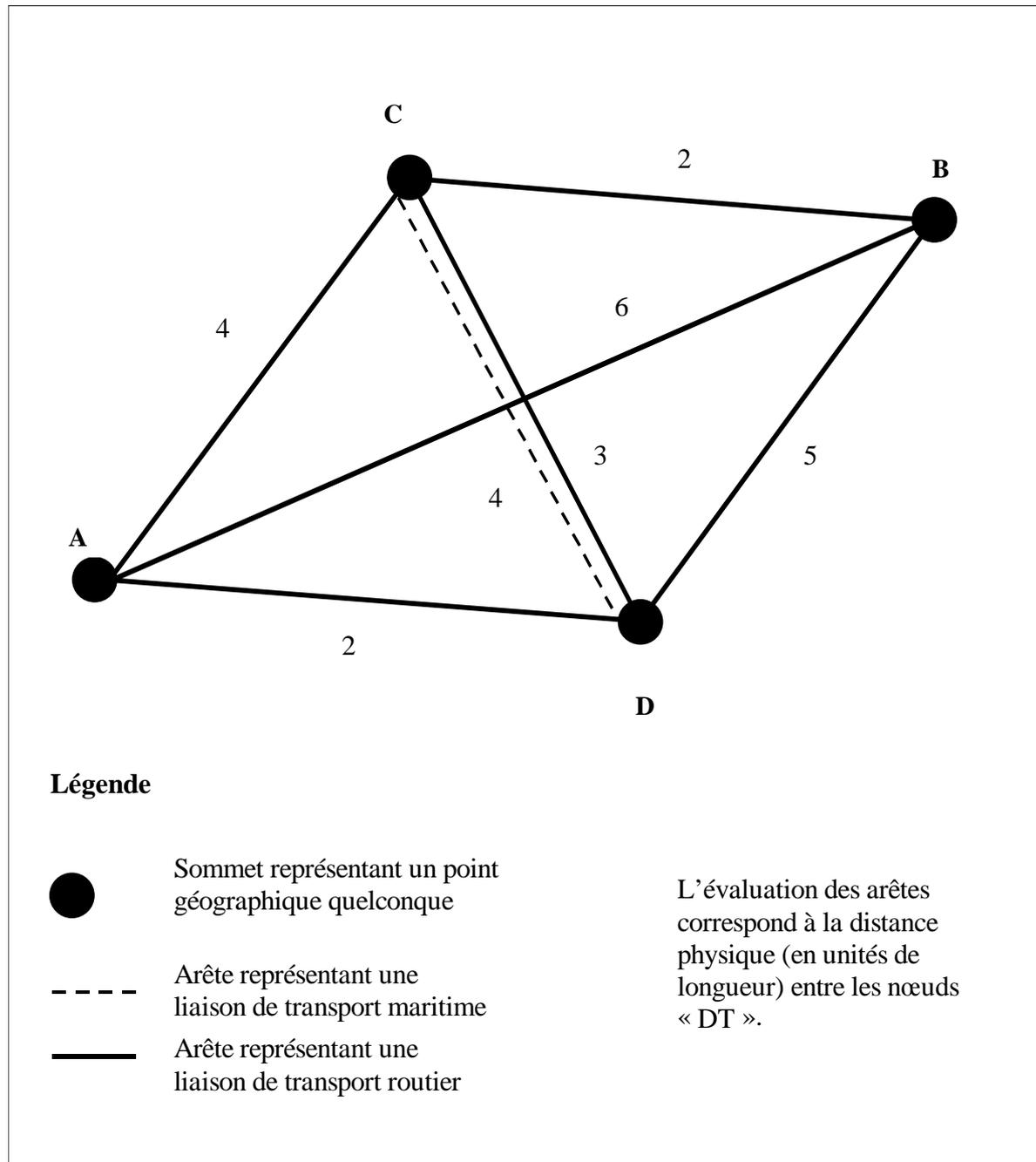
f ≡ Fluvial  
 r ≡ Routier  
 w ≡ Voie d'eau  
 m ≡ Maritime  
 a ≡ Aérien

Les distances équivalentes de transport représenteront les arêtes des différents réseaux modaux de transport comparés. Le fait, qu'elles soient liées aux distances de trajets par mode et mesurées par les mêmes unités, rend possible l'analyse combinée de différents réseaux comme d'un seul réseau.

L'analyse du réseau des modes de transport superposés, nous permet d'obtenir la totalité des combinaisons modales possibles pour lier deux points ou nœuds du réseau. Dans un premier temps, il faudra déterminer tous les liens directs et indirects susceptibles de réaliser la desserte du transport étudié. Une fois toutes les combinaisons possibles de trajets et de modes déterminées, il suffira de les comparer entre elles pour trouver celles qui possèdent les distances équivalentes de transport (DET) les plus courtes. Le sous-ensemble ainsi déterminé sera composé par les trajets de liaisons unimodales, bimodales ou multimodales les plus concurrentielles.

Pour illustrer l'idée fondamentale de comparaison entre distances équivalentes de transport (DET), et afin de trouver les trajets de transport le plus concurrentiels, prenons l'exemple d'un réseau hypothétique composé de quatre nœuds, deux villes intérieures « A » et « B » et deux villes portuaires « C » et « D », lesquelles sont toutes connectées de façon directe par route. Il existe évidemment une connexion par mer entre « C » et « D ». Notre objectif est de trouver le trajet le plus court entre une origine « A » et une destination « B ». Une fois défini le critère de choix de l'analyse, consommation énergétique par exemple, il est possible d'homogénéiser le réseau grâce aux « distances équivalentes de transport » obtenues, le problème peut être représenté par le graphe suivant.

**Fig. 46 Problème de choix de transport entre A et B en considérant un graphe de quatre sommets pour deux modes de transport**



© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

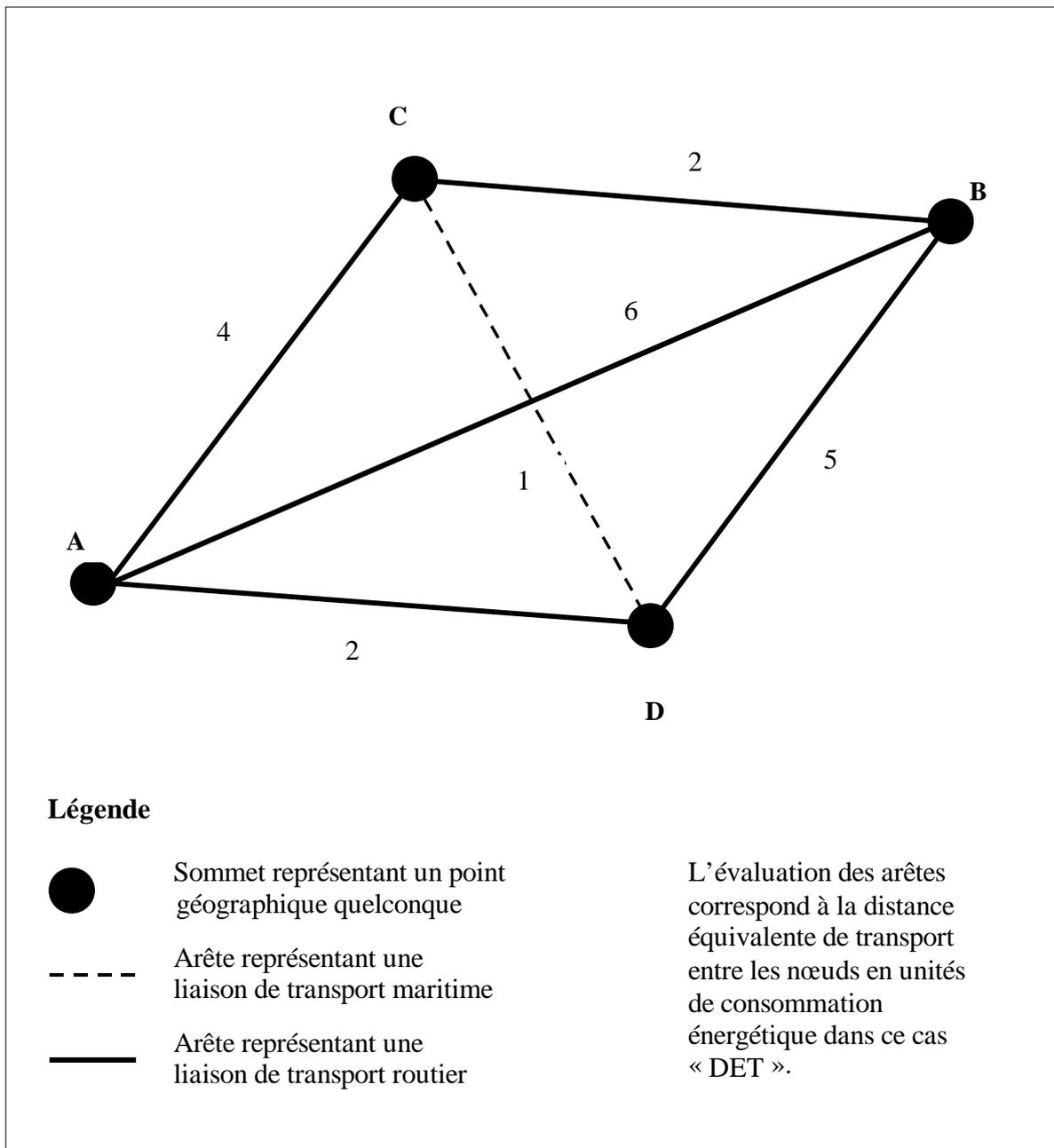
A priori, après l'inspection de la figure précédente, il semble évident que le trajet routier direct  $AB = 6$  ou bien le trajet routier  $ACB = 6$ , sont les chemins le plus courts, et donc les trajets les plus appropriés pour acheminer une marchandise entre les villes « A » et « B ». Mais, si on homogénéise le réseau par rapport à la consommation énergétique qui est le critère de choix préétabli dans ce cas, nous devons donc multiplier les

distances physiques DT par un facteur de consommation d'énergie propre à chaque mode, ce qui nous permettra de juger le réseau d'un autre point de vue. Nous savons que la consommation énergétique du transport routier est 4 fois celle du transport maritime (Fig.16), alors nous utiliserons un facteur «  $\Phi_m$  » égal à (1/4) pour affecter la distance de transport maritime et un facteur «  $\Phi_r$  » égal à (1) pour affecter les distances de transport routier.

De cette manière, nous obtenons les distances équivalentes de transport DET suivantes :

Possibles trajets	Mode	$DET_i = DT_i * \Phi_i$
AB	Routier	6· (1)
AC	Routier	10· (1)
AD	Routier	5· (1)
BC	Routier	7· (1)
BD	Routier	6· (1)
CD	Routier	3· (1)
CD	Maritime	4· (0,25)

**Fig. 47 Graphe de référence bimodal, maritime- routier, pour le problème du choix de transport entre A et B**



© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

Quand les distances sont affectées par le facteur de consommation énergétique, les mesures des arêtes pour chaque mode changent en fonction du facteur «  $\Phi$  » de chaque mode. Dans ce cas on peut observer que pour l'arête CD l'option maritime devient plus intéressante que l'option routière. A partir des « DET » obtenues, on effectue un premier tri pour éliminer les options les moins appropriées.

Ensuite, on définit tous les trajets possibles entre les sommets du graphe « unifié » ou de « référence » pour lier deux points d'origine et de destination. A ce stade, le graphe de référence, représente un réseau constitué seulement par les liaisons des différents réseaux de transport analysés, les plus courts, entre chaque nœud, c'est-à-dire que le graphe de « référence » représente déjà un réseau multimodal.

Une fois tous les trajets possibles définis (sans passer deux fois par le même nœud), la détermination des trajets les plus concurrentiels peut s'effectuer par l'application successive d'un algorithme du « chemin le plus court ». Dans la littérature de « recherche opérationnelle », il existe quelques algorithmes conçus pour la détermination des chemins les plus courts comme l'algorithme de Ford, de Bellman-Kalaba et celui de Dijkstra, sur ce point, nous reviendrons plus tard (4.6). Analysons les résultats de notre exemple, qui sont résumés dans le tableau qui suit :

Trajets possibles	Distance équivalente de transport (DET)
ACB	6
ACDB	10
ADCB	5
ADB	7
AB	6

On peut remarquer que parmi les cinq options de trajet, nous avons un sous-ensemble des trajets courts qui représentent les combinaisons modales de transport qui peuvent convenir le mieux. Il est composé par les trajets combinés ACB, ADCB et AB, dont la meilleure option ou « le chemin le plus court » est le trajet ADCB. Sur l'idée de l'exemple précédent, nous avons conçu notre *modèle de choix de chaînes multimodales* (DETCCM). Dans un premier temps, on avait pensé à l'utilisation d'un des algorithmes connus pour développer notre modèle de choix modal, mais, bien que les algorithmes pour l'obtention du « chemin le plus court » aient tous le même objectif, ils ont été conçus pour fonctionner avec des contraintes différentes, ce qui fait leur particularité et définit la portée et les limites d'application de chaque algorithme. Comme on verra en (4.6.3), aucun des algorithmes existants n'est directement applicable au problème de

choix qui nous occupe. Pour cette raison, nous avons développé un algorithme adapté pour la détermination de « chaînes les plus courtes » (4.7).

Avant de pouvoir formaliser notre modèle, nous passerons en revue quelques éléments de la théorie des graphes qui constituent le support de base de ce genre d'algorithmes, et dont les concepts nous seront indispensables pour développer l'algorithme de « chaînes les plus courtes ». Puis nous passerons aussi en revue, les algorithmes de « chemin le plus court » dont nous nous sommes inspirés pour développer l'algorithme de « chaînes les plus courtes » et aussi pour analyser leurs différents types d'application et limites, afin de justifier le besoin de développer un algorithme adapté pour notre modèle.

## 4.5 Quelques éléments de la théorie des graphes

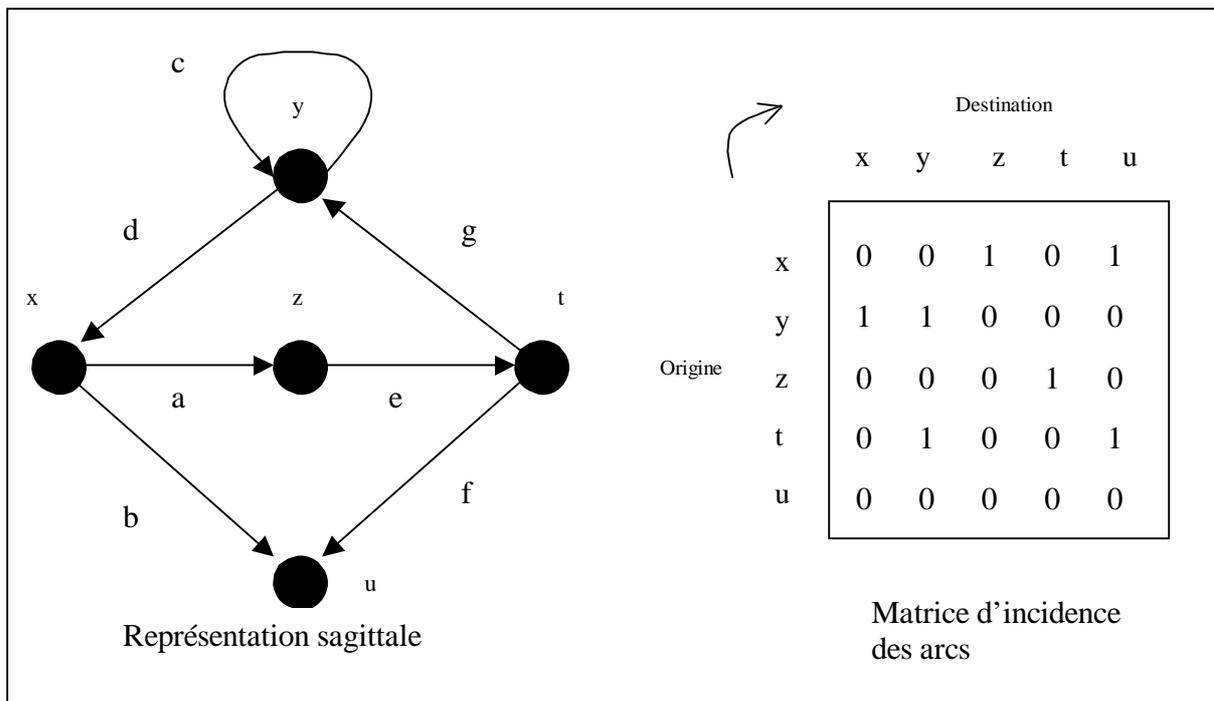
Les graphes sont un moyen pour représenter, modéliser, et visualiser certaines situations et problèmes, et ainsi contribuer à les résoudre. La théorie des graphes est susceptible d'aider à résoudre tout problème qui peut être représenté par des sommets (nœuds) et des arêtes (relations entre les nœuds) comme c'est le cas pour l'analyse de réseaux.

### 4.5.1 Graphes simples orientés

Un graphe simple orienté  $G$  est un couple  $G=[S,A]$ , composé d'un ensemble  $S$  d'objets appelés sommets ou nœuds, et d'un sous-ensemble  $A$  du produit cartésien  $S*S$ . On peut noter  $x,y,..$  les éléments de  $S$ , et  $a,b, ...$  ceux de  $A$ . L'ordre de  $G$  est par définition, le nombre de sommets de  $G$ . En fait,  $A$  n'est qu'une relation binaire entre les éléments de  $S$ . Mais dans le cadre de la théorie des graphes,  $A$  se nomme un « ensemble d'arcs », c'est-à-dire que chaque élément  $a = (x,y) \in S*S$  de  $A$  se nomme un arc, dont  $x$  est l'origine, et dont  $y$  est l'extrémité. Si les extrémités d'un arc se confondent, c'est-à-dire, si elles touchent le même nœud, cet arc devient une boucle comme dans le cas de  $c$  (Fig.48). On dit qu'un tel graphe est orienté car la notion de couple et donc d'arc est une notion orientée. On dit qu'il est simple, car, quels que soient les sommets de  $x$  et  $y$ , il existe au plus un arc d'origine  $x$  et d'extrémité  $y$ . A titre d'exemple soit le graphe

$G=[S,A]$ , avec  $S = [x,y,z,t,u]$ ,  $A=[a,b,c,d,e,f,g]$  et  $a=(x,z)$ ,  $b=(x,u)$ ,  $c=(y,y)$ ,  $d=(y,x)$ ,  $e=(z,t)$ ,  $f=(t,u)$ ,  $g=(t,y)$ . Tout graphe peut être représenté par une représentation sagittale, et aussi mathématiquement par une matrice d'incidence. Une matrice d'incidence représente l'existence de liaisons orientées (arcs) de l'ensemble  $A$  entre les sommets  $S$ .

**Fig. 48 Représentations d'un réseau selon la théorie des graphes**



G. Levy, Algorithmique combinatoire 1994

Suivant que l'ensemble d'arcs  $A$  est symétrique, transitive et réflexive, on peut dire que le graphe est symétrique et possède aussi les mêmes caractéristiques. Dans le cas de graphes orientés, l'ensemble d'arcs  $A$ , entre sommets, peut être référencié par rapport aux sommets suivants ou *successeurs* de  $x$ , ou bien par rapport aux sommets précédents ou *prédécesseurs* et *successeurs* de  $x$ . Pour tout sommet  $x$  de  $S$ , l'ensemble des successeurs et celui des prédécesseurs des arcs, peuvent être représentés par les expressions suivantes :

$$\Gamma_x = \{ y \in S \mid (x,y) \in A \} \quad ; \quad \Gamma_x^{-1} = \{ y \in S \mid (y,x) \in A \}$$

Les sommets  $y$  de  $\Gamma_x$ , s'il en existe, se nomment les *successeurs de  $x$* , et ceux de  $\Gamma_x^{-1}$  se nomment les *précedentes  $x$* . L'union  $\Gamma_x \cup \Gamma_x^{-1}$ , constitue l'ensemble de voisins de  $x$ . Pour l'exemple précédent, on a :

$$\Gamma_x = (z,u), \Gamma_y = (x,y) \quad ; \quad \Gamma_z = (t), \Gamma_t = (y), \Gamma_u = (\emptyset)$$

$$\Gamma_x^{-1} = (y), \Gamma_y^{-1} = (y,t), \Gamma_z^{-1} = (x), \Gamma_t^{-1} = (z), \Gamma_u^{-1} = (x,t)$$

Si pour chaque  $x$  de  $S$  on connaît  $\Gamma_x$  on peut retrouver l'ensemble  $A$ , et en considérant  $\Gamma$  comme une application multivoque de  $S$  dans l'ensemble  $P(S)$  des parties de  $S$ , on peut définir de manière équivalente un graphe simple orienté par  $G=[ S, \Gamma ]$ , où  $\Gamma : S \rightarrow P(S)$ , qui associe à chaque sommet  $x$  l'ensemble  $\Gamma_x^{-1}$  de ses sommets précédents. L'équivalence entre  $\Gamma$  et  $\Gamma^{-1}$ , permet de choisir une représentation du graphe plutôt qu'une autre en fonction de la nature du problème à traiter.

$$A = \bigcup_{x \in S} \{ (x,y) \mid y \in \Gamma_x \} \quad ; \quad A = \bigcup_{x \in S} \{ (y,x) \mid y \in \Gamma_x^{-1} \}$$

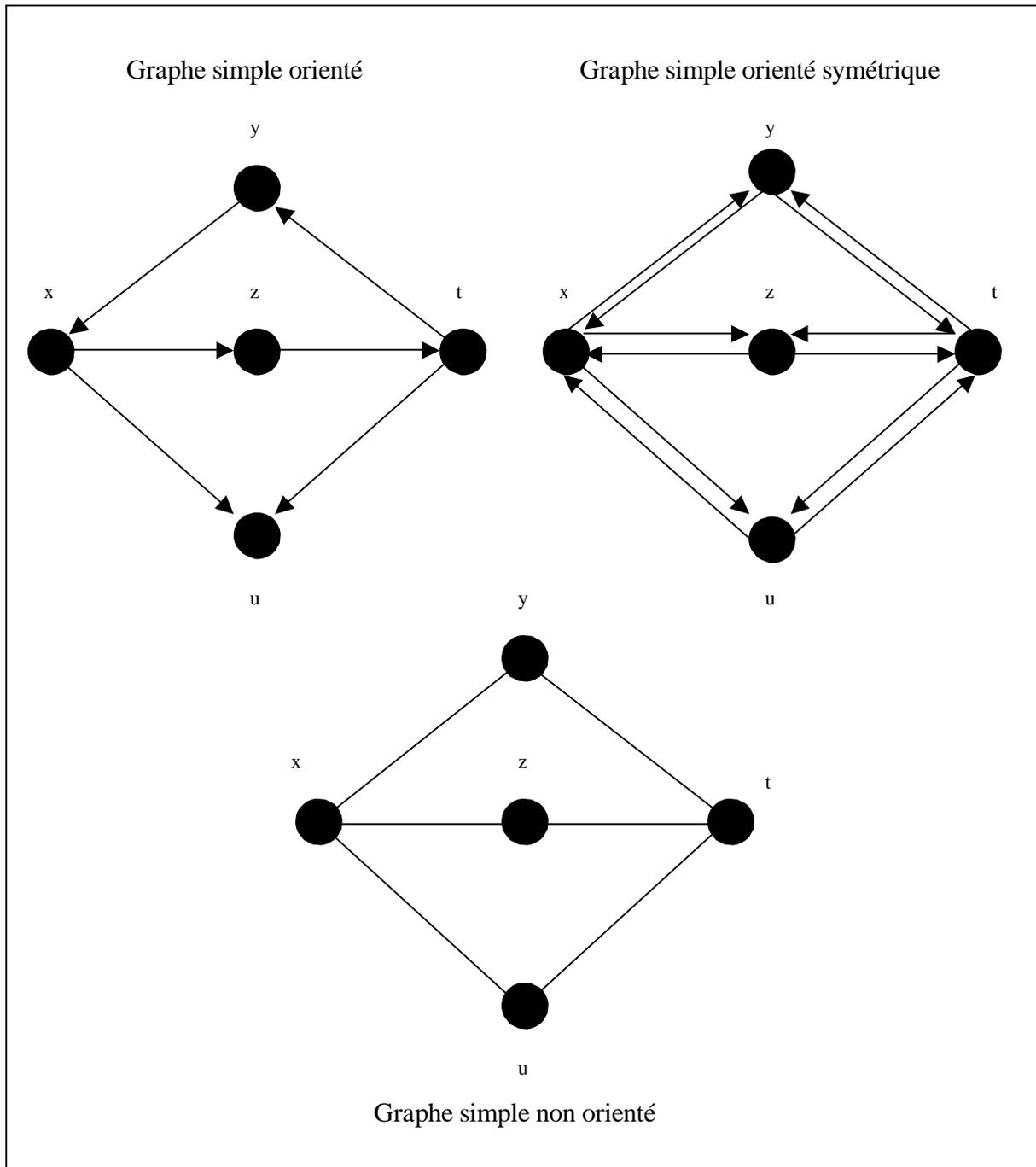
Par définition un *chemin* est une suite d'arcs  $\{ a_1, a_2, \dots, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n \}$  tel que pour chaque arc  $a_i$  dans l'intervalle  $[1, n]$  de  $i$ , l'extrémité de  $a_i$  soit égale à l'origine de  $a_{i+1}$ . Comme les arcs  $a_i$  sont balisés par les sommets  $x_j$ , un chemin peut être défini par l'ensemble ordonné de sommets  $\{ x_1, x_2, \dots, x_j, x_{j+1}, \dots, x_m \}$  dont  $m=n+1$ . On dit que  $c$  est un chemin d'origine  $x_1$  et d'extrémité  $x_m$ . Dans le cas d'un chemin  $x_1=x_m$  on dit que  $c$  est un *circuit* qui passe par  $x_1$ .

Un chemin dont tous les sommets sont différents est dit *élémentaire*. Il est dit *simple* si tous ses arcs sont différents. De même, on dira qu'un circuit est *élémentaire* si tous les sommets, à l'exception de ses extrémités, sont différents et qu'il est *simple* si tous ses arcs sont différents. Pour l'exemple  $(a,e,g)$  est un *chemin* d'origine  $x$  et d'extrémité  $y$ ,  $(a,e,g,d)$  est un *circuit élémentaire simple*, et  $(a,e,g,c,d)$  est simple mais non élémentaire (Fig.48).

## 4.5.2 Graphes simples non orientés

La différence principale de ce type de graphes est le double sens des arcs qu'on nomme *arêtes*. Si  $G=[S,A]$  est un graphe symétrique, et si  $(x,y) \in A$ , on a  $(y,x) \in A$ . Plutôt que de tracer un arc  $(x,y)$  et un arc  $(y,x)$ , on convient de considérer que  $x$  et  $y$  sont reliés par une *arête* que l'on note en général par  $\{x,y\}$ , à condition que  $x \neq y$ .

**Fig. 49 Représentations de graphes simples orientés et non orientés**



© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

On peut donc définir un graphe simple non orienté, soit comme un graphe simple orienté symétrique sans boucle, soit comme un couple  $G=[S,A]$ , dans lequel  $A$  est l'ensemble d'arêtes. On continue à poser  $\Gamma_x = \{ y \in S \mid \{x,y\} \in A \}$ , et on dit que  $\Gamma_x$  est l'ensemble de voisins de  $x$ .

Aux notions orientées *d'arc, de chemin et de circuit*, correspondent respectivement les notions non orientées *d'arête de chaîne et de cycle*. Une chaîne est ainsi définie par une suite d'arêtes  $\{ a_1, a_2, \dots, a_i, a_{i+1}, \dots, a_m \}$  telle que chaque arête  $a_i$  ait un sommet commun avec  $a_{i-1}$  et l'autre sommet en commun avec  $a_{i+1}$ . Un cycle est donc une chaîne dont les deux extrémités coïncident. Quant à la représentation graphique, chaque arête est représentée par un trait sans orientation qui relie les point associés à  $x$  et à  $y$ .

Si on désigne par  $|E|$  la « cardinalité », ou nombre d'éléments de tout ensemble  $E$ , alors, par définition, le degré ou (demi degré) d'incidence extérieur de tout sommet  $x$  d'un graphe simple orienté, est  $d^+(x) = |\Gamma_x^+|$ , et son degré intérieur est  $d^-(x) = |\Gamma_x^-|$ . Son degré est, s'il n'y a pas de boucle en  $x$ ,  $d(x) = d^+(x) + d^-(x)$ . Dans le cas des graphes non orientés, le degré d'un sommet  $x$  est par définition  $d(x) = |\Gamma_x|$ .

### 4.5.3 Multigraphes

Un multigraphe est un couple  $G=[S,A]$ , dans lequel  $S$  est un ensemble de sommets, et  $A$  une famille d'arcs  $A=(a_1, a_2, \dots, a_m)$ . Chaque arc est défini comme un couple de sommets  $(x,y)$ , qui en sont respectivement l'origine et l'extrémité. On peut définir la famille d'arcs par deux applications,  $f$  et  $g$  de  $\{1,2, \dots, m\}$  dans  $S$ , telles que pour chaque  $i$ , on ait  $f(i) = \text{origine}(a_i)$ , et  $g(i) = \text{extrémité}(a_i)$ . Cette définition permet de traiter des graphes dont plusieurs arcs auraient la même origine et la même extrémité, d'où le nom de multigraphe.

On dit qu'un multigraphe est un  $p$ -graphe, si quels que soient les sommets  $x,y$ , ce graphe possède au plus  $p$  arcs d'origine  $x$ , et d'extrémité  $y$ . En particulier les 1-graphes sont de graphes simples orientés. On peut définir, pour chaque sommet  $x$  d'un multigraphe, l'ensemble  $\Gamma_x = \{ y \in S \mid (x,y) \in A \}$ , c'est-à-dire l'ensemble de sommets  $y$  qui sont les extrémités des arcs dont  $x$  est l'origine, et de même  $\Gamma_x^{-1}$ , qui est l'ensemble de sommets  $y$  qui sont les origines des arcs dont  $x$  est l'extrémité. Quant aux notions de voisins, de chemin et de circuit, elles sont les mêmes que pour les graphes simples.

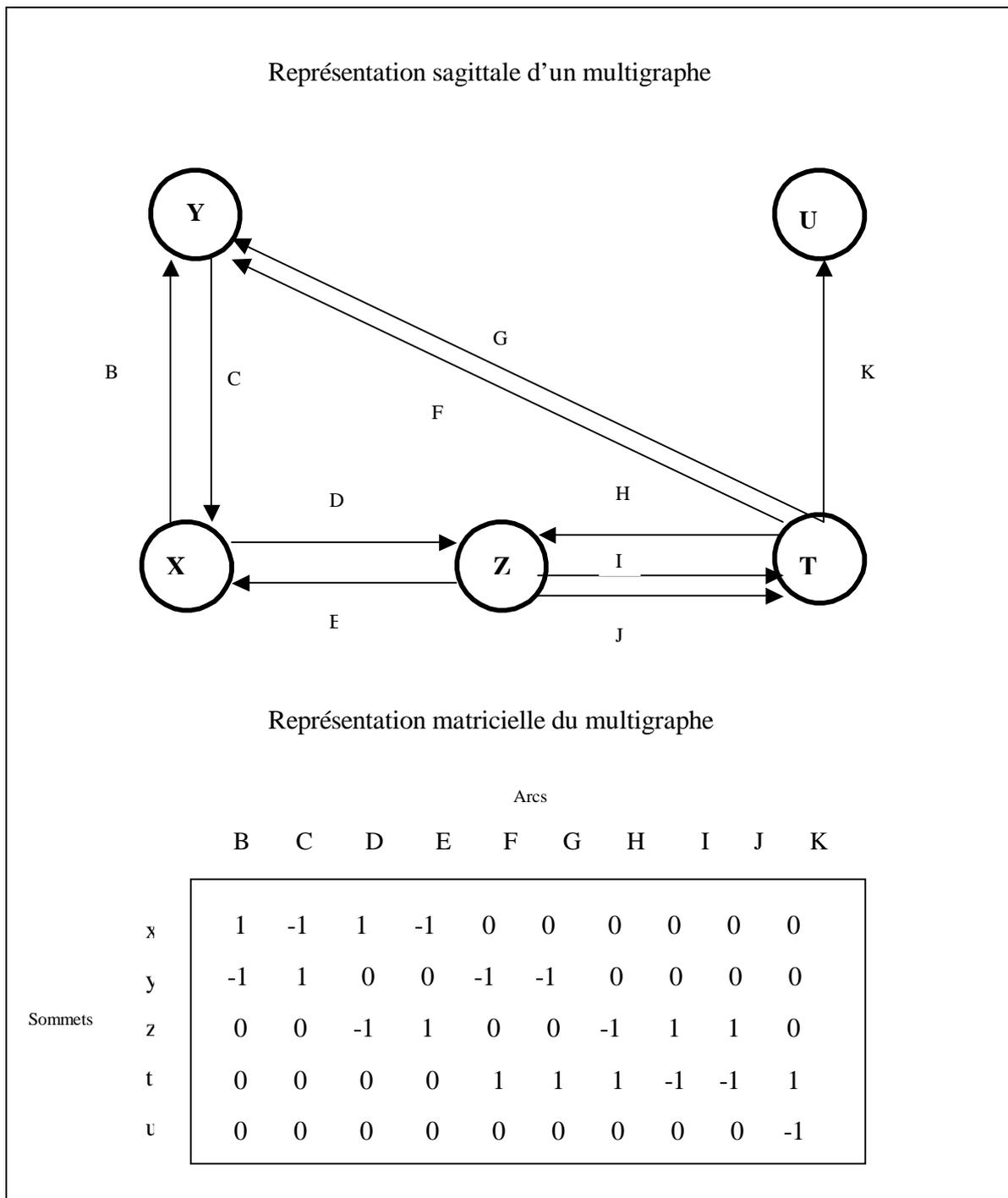
Les multigraphes orientés permettent ainsi le traitement de plusieurs arcs entre le même couple de sommets. Par exemple, pour le multigraphe  $G=[S,A]$ , les arcs sont définis de la manière suivante :

$$G=[S,A], S=\{ X,Y,T,U,Z \}, A=\{ B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,\}$$

$$B = (Y,X), C = (X,Y), D = (X,Z), E = (Z,X), F = (T,Y), G = (T,Y), H = (T,Z)$$

$$I = (Z,T), J = (Z,T), K = (T,U)$$

**Fig. 50 Représentation d'un multigraphe (3-graphe)**



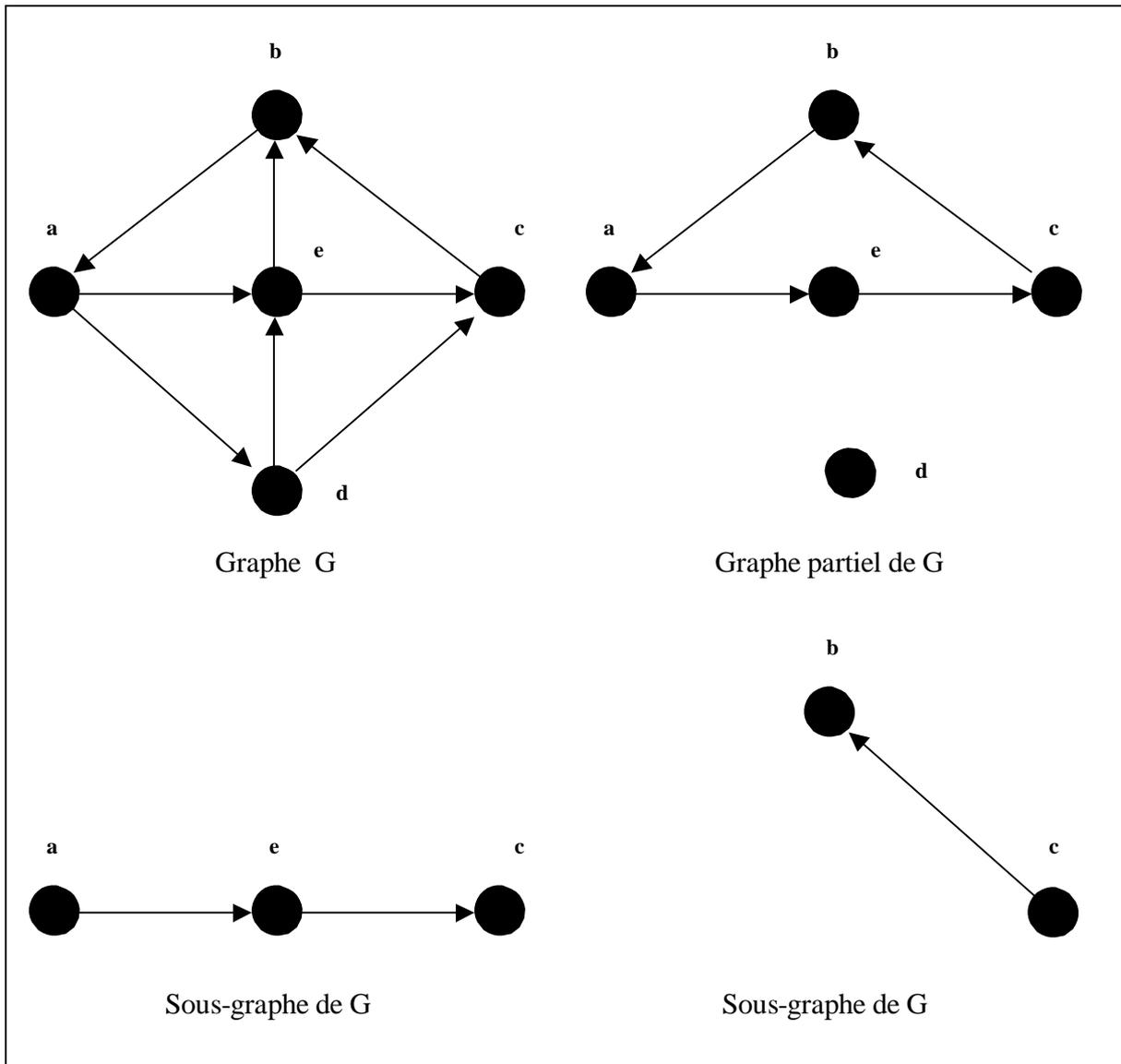
Pour la représentation matricielle de  $G=[S,A]$ , la matrice d'incidence « sommets-sommets » devient insuffisante pour représenter des arcs multiples pour le même couple de sommets, on utilise donc une matrice différente « sommets- arcs » qui permet l'existence sans limite d'arcs pour le même couple de sommets. Chaque sommet  $s$  et chaque arc  $a$  est représenté par  $M(s,a) = +1$  si  $s$  est l'origine de  $a$ , et  $-1$  si  $s$  est son extrémité,  $0$  sinon.

#### 4.5.4 Sous-graphes, graphes partiels

Soit  $G=[S,A]$  un graphe, orienté ou non, simple ou multiple, qui a  $S$  pour ensemble de sommets et  $A$  pour ensemble d'arcs ou d'arêtes. Soit  $X$  une partie des sommets de  $G$ , et  $B = (X * X) \cap A$ . Autrement dit,  $B$  est l'ensemble d'arcs ou d'arêtes de  $G$  dont l'origine et l'extrémité appartiennent à  $X$ . On dit alors que  $H = [X,B]$  est un *sous-graphe* de  $G$ . On dit également que c'est le sous-graphe de  $G$  engendré par  $X$ , et on le note  $H=[X]$ , pour qu'il n'y ait pas risque de confusion.

Soit  $B$  une partie des arcs ou arêtes de  $G$ . Alors on dit que le couple  $K = [S,B]$ , est un *graphe partiel* de  $G$ . Soit  $X$  une partie de sommets, et  $C$  une partie des arcs ou arêtes de  $G$ , qui appartiennent à  $(X * X) \cap A$ . On dit que  $L=[X,C]$  est un sous-graphe partiel de  $G$ . En d'autres mots, on parle d'un graphe partiel quand on enlève des arcs d'un graphe  $G$  en conservant les sommets, et on parle d'un sous-graphe  $SG$  quand on enlève des sommets d'un graphe  $G$  et les arcs ou arêtes incidentes (Fig.51).

**Fig. 51 Représentation sagittale des sous-graphes et graphes partiels**



© H. Martell, 2005, CIRTAL, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

### 4.5.5 Applications de la théorie des graphes

Avant d'aborder le développement de notre modèle, faisons une brève description des applications de la théorie de graphes. Elle permet l'analyse et la résolution de divers problèmes complexes, à condition qu'ils puissent être représentés par un graphe, la modélisation des problèmes divers sous la forme d'un graphe reste libre et ouverte à l'ingéniosité des applications possibles. Dans tous les cas, la théorie des graphes permet en général l'identification de sous ensembles des arcs  $A$  ou des sommets  $S$  avec des

caractéristiques particulières parmi l'ensemble total d'arcs et de sommets d'un graphe d'origine  $G=[A,S]$ , constituant ainsi un puissant moyen d'analyse combinatoire. Les applications de la théorie se réalisent par le biais d'algorithmes à l'aide des processus de calculs itératifs, et des fonctions de comparabilité, lesquels génèrent les sous ensembles A et/ou S désirés. Les applications de la théorie qui ont été les plus développées jusqu'à aujourd'hui, peuvent être regroupées en trois catégories selon le type de problème qu'elles représentent et l'objectif spécifique de la recherche de sous ensembles. Ces applications sont les suivantes :

- 1 Les problèmes de cheminement
- 2 La recherche d'ensembles de sommets remarquables
- 3 Les problèmes d'arbres ou d'arborescences

### **Les problèmes de cheminement**

Il s'agit de l'analyse relative de problèmes d'existence de chemins et de circuits, les plus courts ou les plus longs, avec des algorithmes spécifiques selon que les graphes sont orientés ou non. Dans cette problématique se trouvent la recherche de circuits hamiltoniens, le problème du voyageur de commerce, les problèmes d'ordonnement qui cherchent en général à trouver les plus longs chemins, l'obtention de circuits eulériens, la détermination de la fermeture transitive et de composants connexes ou fortement connexes d'un graphe ainsi que les problèmes de flots.

### **La recherche d'ensembles de sommets remarquables**

Les algorithmes de recherche d'ensembles remarquables ont pour objectif l'identification de cycles maximaux, d'ensembles stables intérieurement ou extérieurement, des noyaux et des bases ainsi que la détermination de couvertures de coût minimal. Des problèmes, tels que celui de la coloration de zones contiguës d'une carte, peuvent être analysés.

## Les problèmes d'arbres ou d'arborescences

Un grand nombre de problèmes industriels et de fonctionnement, de systèmes en général et même des activités de la vie quotidienne, utilisent de façon explicite ou non, des structures de fonctionnement facilement modélisables en arborescences. Les applications sont donc multiples : la représentation de phrases engendrées par certaines grammaires, les problèmes de partitionnements successifs d'un ensemble, les regroupements successifs de sous-ensembles, les méthodes de codage, d'algorithmes de tri, d'évaluation de risques et aussi la théorie de décisions.

Due à la nature et l'objectif de notre analyse, la définition d'un chemin « le plus court » entre deux sommets un d'origine et un de destination, nous développerons un algorithme adapté aux besoins spécifiques de notre modèle de choix modal. Les algorithmes existants de « plus court chemin » ne correspondent pas à notre problème, comme nous l'expliquons en (4.6.3). Ensuite, nous approfondirons les algorithmes de définition de « plus court chemin » entre sommets d'un graphe pour démontrer les particularités et les conditions de leur application. Nous considérons importante cette brève révision des algorithmes, afin d'être sensibilisé à la différente nature des problèmes abordés par chacun. Mais le lecteur peut aller directement au sous-chapitre (4.7) où nous développons un algorithme pour l'obtention de la « chaîne la plus courte » adapté aux besoins du modèle de choix modal « Distances équivalentes de transport pour le choix de chaînes multimodales » (DETCCM), proposé auparavant.

### 4.6 Algorithmes de plus court chemin

Plusieurs problèmes reviennent à déterminer l'existence des meilleurs chemins, selon différents critères, entre certains ou tous les sommets d'un graphe. On peut les classer :

- 1 selon qu'on se contente de s'assurer de leur existence ou de leur absence, ou d'évaluer les arcs par des informations telles qu'une longueur, un coût, un risque etc.
- 2 selon qu'il s'agit de trouver les meilleurs chemins issus d'un sommet fixe, ou les meilleurs chemins parmi tous les couples de sommets du graphe.

Différents algorithmes ont été conçus pour traiter des problèmes spécifiques. On peut

identifier deux groupes : le premier lorsqu'il est question de l'existence de chemins ou de meilleurs chemins entre tous les couples de sommets, et le deuxième, lorsque les problèmes sont relatifs aux chemins issus d'un sommet fixé  $\alpha$ , car dans ce cas on peut appliquer un des algorithmes suivants :

- 1 détermination des plus courts chemins issus de  $\alpha$ , par un graphe dont les arcs sont porteurs de longueurs  $\geq 0$ , par algorithme de *Dijkstra* ;
- 2 détermination des plus courts ou plus longs chemins, issus de  $\alpha$ , par un graphe sans circuit absorbant, et dont les arcs possèdent de longueurs des signes quelconques, par l'algorithme de *Bellman et Ford* ;
- 3 détermination des plus courts chemins pour tout couple de sommets dans un graphe orienté évalué et sans circuit absorbant, dont les arcs possèdent des longueurs de signes quelconques, par l'algorithme de *Floyd*. Cet algorithme est plus général que les deux précédents, mais il est basé sur les mêmes principes que ses prédécesseurs.

De multiples algorithmes ont été développés à partir des mêmes principes pour des finalités spécifiques. Nous passerons en revue les deux principaux algorithmes « source » qui ont inspiré les développements pour des cas particuliers.

#### 4.6.1 Algorithme de Dijkstra

Il consiste à partir de l'ensemble  $X = \{x_0\}$ , à lui adjoindre étape par étape, un sommet  $y$  qui est le plus proche de  $x_0$ , pour chaque sommet  $x$ , on désignera par  $l(x)$  la plus courte distance provisoire de  $x_0$  à  $x$ . A chaque étape on notera  $X$  l'ensemble de sommets  $x$  dont la plus courte distance provisoire de  $x_0$  à  $x$ , par  $précéd(x)$  le précédent de  $x$  sur un plus court chemin de  $x_0$  à  $x$ . à chaque étape, on notera  $x$  l'ensemble de sommets de  $x$  dont la plus courte distance  $l(x)$  a définitivement été calculée, et par  $Y$  son complémentaire par rapport à  $S$ .

## Algorithme de Dijkstra pour la détermination du chemin le plus court

### Détermination du chemin le plus court

1. On pose pour tout  $x \neq x_0$  :  $l(x) = +\infty$ ,  $précéd(x) = -1$  et  $l(x_0) = 0$  ;
2. On prend  $X = \{x_0\}$ ,  $Y = S/\{x_0\}$ . Pour tout  $y \in Y \cap \Gamma x_0$ , on pose  $l(y) = d(x_0, y)$ ,  $précéd(y) = x_0$  ;
3. Tant que  $Y \neq \emptyset$ , et qu'il existe dans  $Y$  au moins un  $y$  tel que  $l(y) < +\infty$ , faire l'itération suivante :
 

prendre un des  $y$  de  $Y$  tel que  $l(y)$  soit minimum ;  
pour chaque  $z$  de  $Y \cap \Gamma_y$ , faire :

si  $l(z) > l(y) + d(y, z)$  : début  $l(z) := l(y) + d(y, z)$  ;  
 $précéd(z) := y$  ; fin

$X := X \cup \{y\}$  ;  $Y := Y / \{y\}$
4. Fin

H.Martell, d'après Algorithmique combinatoire, Gérard Levy, 1994

Lorsque l'algorithme s'arrête, l'ensemble  $X$  contient tous les sommets  $x$  tels que  $l(x) < +\infty$ , c'est-à-dire ceux dont la plus courte distance à  $x_0$  peut être calculée, et  $Y$  l'ensemble des autres sommets. En fait  $X$  est donc l'ensemble des sommets extrémités des chemins issus de  $x_0$ .

L'algorithme donne donc non seulement les sommets accessibles depuis  $x_0$ , mais les longueurs des plus courts chemins. Il fournit la possibilité de construire ces plus courts chemins, en utilisant la fonction de tracé : *précéd*. Cette fonction stocke en mémoire les sommets sélectionnés, pour constituer le chemin le plus court, à chaque itération de l'algorithme, de cette façon-ci, à l'arrivée au sommet de destination finale, la fonction de tracé contient l'ensemble ordonné des sommets sélectionnés qui balisent le « chemin le plus court ».

## 4.6.2 Algorithme de Bellman et Ford

L'algorithme a été conçu pour des problèmes qui ont besoin de déterminer des chemins minimaux ou maximaux et qui recourent à des longueurs positives et négatives des arcs. Par exemple, celui de flots de valeur maximale et de coût minimal. Il permet d'aborder de tels problèmes, en prenant cependant certaines précautions pour se prémunir contre les circuits absorbants. Dans cet algorithme, on note  $d(x,y)=d(a)$  la longueur réelle de l'arc  $a=(x,y)$ , et  $l(x)$  la plus courte distance provisoire ou définitive de  $x_0$ , sommet fixé, au sommet  $x$ . L'algorithme procède par itérations successives, en modifiant les marques  $l(x)$  des sommets  $x$ , jusqu'à ce qu'aucune marque ne puisse être modifiée, ou que le nombre d'itérations soit supérieur au nombre  $n$  de sommets du graphe.

Recherche des plus longs chemins ayant pour origine le sommet  $x_0$  fixé.

1. Pour tout sommet  $x \neq x_0$ , faire :
  - début
  - $l(x) := -\infty$  ;
  - $précéd(x) := -1$  ;
  - fin
  - $l(x_0) := 0$
  - $précéd(x_0) := 0$  ;
2.  $niter := 1$  ;  $modif := vrai$  ;  
 tant que ( $niter < n+1$  et  $modif$ ) faire :
  - début
  - $modif := faux$  ;
  - pour chaque arc  $a=(x,y)$  de  $G$
  - si ( $l(y) < l(x) + d(a)$ ) faire :
    - début
    - $l(y) := l(x) + d(a)$  ;  $précéd(y) = x$  ;
    - $modif := vrai$  ;
    - fin
  - $niter := niter + 1$  ;
3. Fin

Pour tout sommet  $x$  tel que  $l(x) < +\infty$ , il existe un chemin d'origine  $x_0$  et d'extrémité  $x$ , les plus longs chemins d'origine  $x_0$  et d'extrémité  $x$  ont pour longueur  $l(x)$ , et le précédent de  $x$  sur un plus long chemin de  $x_0$  à  $x$  est le sommet  $précéd(x)$ .

Pour tout sommet  $x$  tel que  $l(x) = +\infty$ , il n'existe aucun chemin d'origine  $x_0$  et d'extrémité  $x$ . Par contre, si l'algorithme ne s'arrête que pour  $niter > n$ , c'est que certaines des marques  $l(x)$  ont été modifiées au cours de la  $n^{ième}$  itération, et on peut établir que le graphe contient un circuit absorbant. Dans ce cas les marques  $l(x)$  et  $précéd(x)$  perdent leur signification.

Cet algorithme conçu originalement par Ford, fut retravaillé par Bellman et Kalaba qui ont ainsi développé de multiples applications de l'algorithme, c'est pour cette raison que cet algorithme est aussi connu comme « Bellman-Kalaba ». La principale contribution de Bellman et Kalaba est que le graphe  $G$  est préalablement divisé en niveaux, ce qui rend l'application plus directe et qui économise l'espace de mémoire pour le processus de résolution par ordinateur.

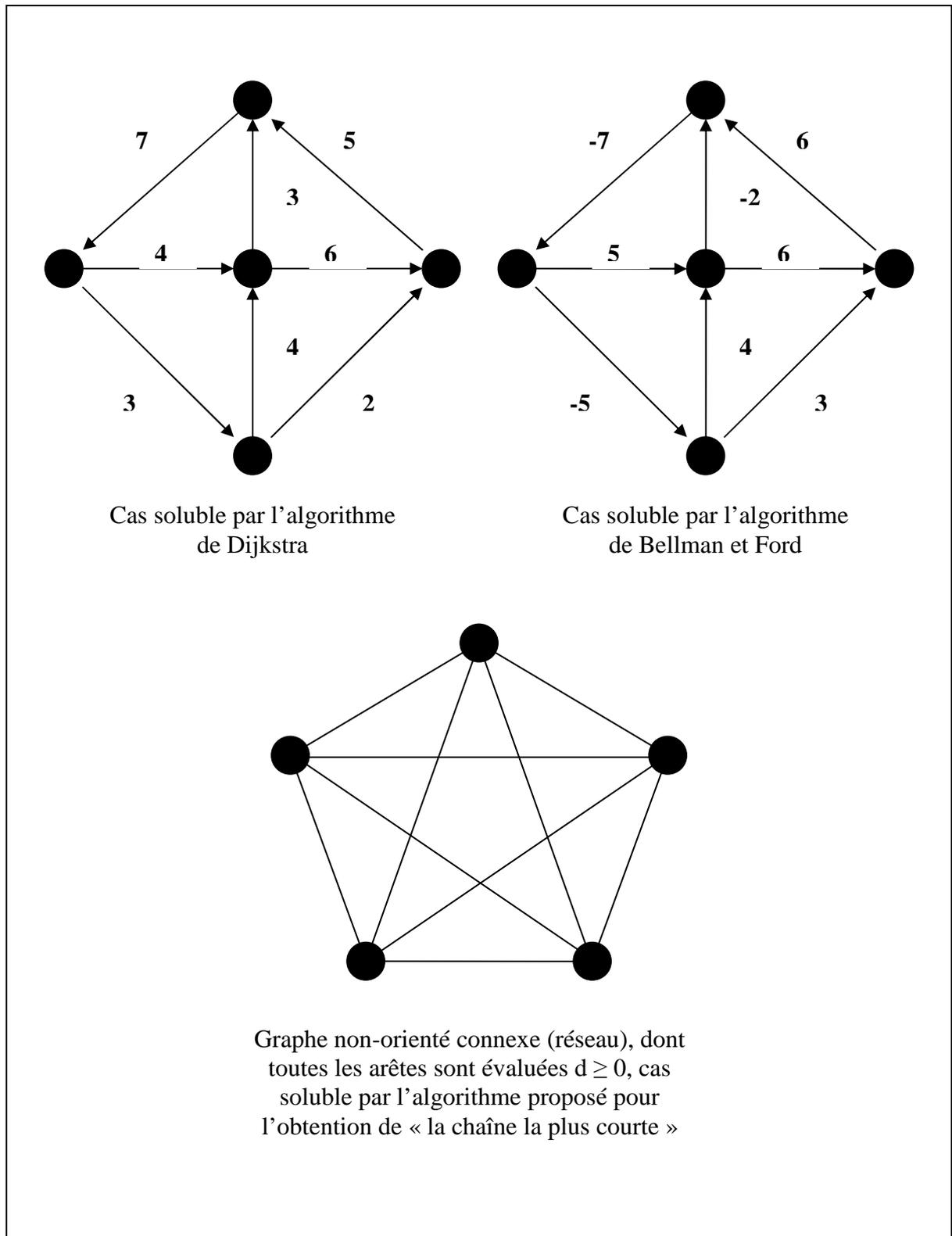
### 4.6.3 Quel algorithme pour notre modèle ?

Après avoir passé rapidement en revue quelques fondements de la théorie des graphes ainsi que des algorithmes de détermination de « plus court chemin » qui relèvent du plus haut intérêt l'intérêt pour notre cas d'analyse et pour constituer le support théorique de notre modèle de choix de transport, nous en concluons que les algorithmes existants ne satisfont pas les besoins de notre modèle. En effet, l'algorithme de Dijkstra et celui de Bellman et Ford, ont été conçus pour résoudre des problèmes différents au nôtre, même si dans un premier temps, nous avons pensé les appliquer à notre modèle de choix modal de transports.

L'impossibilité de leur application dans notre modèle, est due à la nature des réseaux de transports, parce qu'ils peuvent être mieux représentés par des *graphes non-orientés*. Pour cela nous avons conçu un algorithme (4.7) qui nous permet de traiter plusieurs réseaux ou graphes non-orientés connexes, en les comparant et en définissant non un chemin, mais une chaîne la plus courte entre deux sommets.

Dans la figure 52, nous pouvons apprécier les différents types de graphes pour lesquels, les algorithmes de « chemin le plus court » ont été conçus. Nous avons comme exemple trois graphes de cinq sommets chacun. Notez dans le cas de l'algorithme de Bellman et Ford, que la différence fondamentale est la possibilité de traiter des arcs évalués négativement. La différence principale des graphes qu'il nous intéresse de traiter avec notre algorithme, est qu'ils sont connexes et que les relations entre sommets n'ont pas de directions fixées, il s'agit de véritables chaînes dans le sens mathématique du terme. De cette façon nous allons obtenir les « chaînes les plus courtes », même si parfois l'ordonnement des sommets sélectionnés, c'est-à-dire le balisement de la chaîne, peut paraître « non logique ». La connexité totale des graphes, nous permet d'obtenir l'exhaustivité dans la recherche des chaînes les plus courtes dans un réseau.

**Fig. 52 Graphes pour lesquels les algorithmes du « chemin le plus court » ont été conçus**



#### 4.7 Algorithme pour l'obtention de la « chaîne la plus courte » entre deux sommets d'un graphe connexe non-orienté

Soit  $D=[N,A]$  un graphe simple non orienté dont  $N$  est l'ensemble de sommets et  $A$  l'ensemble des arêtes du graphe  $D$ . Soit  $\Delta$  un ensemble de valeurs pour les arêtes de  $D$  et  $\delta : A \rightarrow \Delta$  une évaluation des arêtes, c'est-à-dire un moyen d'associer à chaque arête du graphe  $a=(x,y) \in A$ , une valeur  $\delta(a)=d(x,y) \in \Delta$ .

Les valeurs de «  $d$  » sont des réels  $\Delta \in \mathbb{R}$ ,  $\delta > \emptyset$  et pour chaque arête  $a$ ,  $\delta(a)$  représente la longueur de l'arête ou la distance entre le sommet  $x$  et le sommet  $y$ . Les valeurs  $\delta(a)$  permettent de calculer la longueur d'une chaîne comme la somme des longueurs des arêtes qui la composent.

Pour trouver la plus courte chaîne d'un graphe  $D$ , on utilise la structure algébrique «  $\Delta, +, \geq$  ». La propriété associative  $+$  permet de calculer la valeur pour une chaîne, si l'on a trois arêtes  $a=(x,y,z)$ , la valeur  $v(a)=\delta(x)+(\delta(y)+\delta(z))=(\delta(x)+\delta(y))+\delta(z)=\delta(x)+\delta(y)+\delta(z)$ . De façon générale, si une chaîne  $\lambda$  résulte de la concaténation de deux maillons  $m_1$  et  $m_2$ , on dit que  $\lambda=m_1+m_2$ .

La propriété de comparabilité est possible grâce à la relation  $\leq$ , la comparabilité de valeurs de chaînes  $\lambda$  est totale et directe car les valeurs des arêtes  $\delta$  représentent des distances réelles mesurées par des unités homogènes. L'éventuelle inexistence d'arêtes entre deux sommets est représentée par  $a=\emptyset$ .

Pour obtenir la chaîne optimale, « la plus courte », entre un sommet origine  $\alpha$  et un sommet destination  $\omega$ ,  $(\alpha,\omega) \in N$ , à partir de la matrice de distances  $D$ , on construit les valeurs  $v(\lambda)=v(\alpha,y)$  des chaînes les plus courtes d'origine  $\alpha$  et d'extrémité  $y$ , à chaque itération le sommet  $y$  sera le sommet plus proche parmi la totalité de sommets restants du réseau. La condition pour la détermination successive de nouvelles chaînes, lors de chaque itération, a comme condition de ne pas passer deux fois par le même sommet. Ceci garantira l'exhaustivité de la recherche de combinaisons des sommets, sans prendre le risque que la chaîne se referme sur elle-même. Ainsi, si la matrice  $D = N^*N$ , et  $N$  est le nombre total de sommets  $n$ , à chaque itération, on considérera un nombre de sommets égal à  $(n-\text{nombre d'itération})$ , pour déterminer l'arête suivante de la chaîne. Le sommet

successeur qui définit cette arête, sera inclus dans la fonction ou matrice de tracé et deviendra le nouveau sommet prédécesseur de l'arête suivante.

Pour construire la chaîne minimale, on s'appuie sur une fonction de « tracé de sommets successeurs »  $N^*N \rightarrow N$ , qui donnera grâce à la relation  $\leq$ , et pour toute arête  $a(x,y)$ , le sommet  $y$  successeur, qui est le successeur de  $a$  sur une plus courte chaîne d'origine  $\alpha$ . La fonction de tracé de sommets successeurs retiendra les sommets  $y$ , de façon itérative jusqu'à ce que le sommet  $y$  soit égal au sommet de destination finale  $\omega$  préalablement défini.

En prenant comme pivot chacun des sommets  $n$  du graphe, on fera, pour chaque couple de sommets  $(x,y)$ , le raisonnement suivant : si la chaîne actuelle  $\lambda=(a,c)$  existe, et que la chaîne  $\lambda_1=(a,d)$  existe, et que la chaîne  $\lambda_2=(d,c)$  existe, et que la valeur de la chaîne  $\lambda_3$  qui résulte de la concaténation  $\lambda_1 + \lambda_2$ , est strictement plus courte que celle de la chaîne actuelle  $\lambda$ , alors on prend la chaîne de moindre valeur  $\lambda_3$ .

**Fig. 53 Formalisation de l'algorithme pour l'obtention de la « chaîne la plus courte » entre deux sommets d'un graphe connexe non-orienté**

Soit un graphe  $D=N \cdot N$ ,  $N=\{x\}$ ,  $A=\{a\}$  et  $\delta=v(a)$  ;

$x \equiv$  sommets ;  $a \equiv$  arêtes ;

$\alpha \equiv$  origine de la chaîne ;  $\omega \equiv$  fin de la chaîne

$S(b) \equiv$  ensemble de sommets de balisage ou « fonction de tracé »

1. Détermination arbitraire de  $(\alpha, \omega)$
2. Désigner le sommet  $\alpha$  comme premier élément de l'ensemble des sommets de balisage :  $b_1 = \alpha$  ;  $S(b) = \{\alpha\}$
3. Pour tout sommet  $x_i \notin S(b)$ , identifier les arêtes  $a_i$  adjacentes au sommet  $b_i$  :

$$a_i = (b_i, x_i)$$

comparer les arêtes  $a_i$  en fonction de leurs valeurs  $\delta_i$   
par la relation  $\delta_i \leq \delta_{i+1}$  jusqu'à obtenir  $\text{Min } \delta_i$

$$\text{Min } \delta_i = v(b_i, x_i)$$

désigner  $b_i = x_i$

Inclure  $b_i$  dans l'ensemble de sommets de balisage  $S(b)$

$$b_i \in S(b)$$

si  $b_i = \omega$ , aller au 4, sinon continuer 3

Fin

4. La chaîne la plus courte est définie par :

$$S(b) = \{b_i \mid \text{Min } \delta_i\}$$

avec l'ordre suivant :

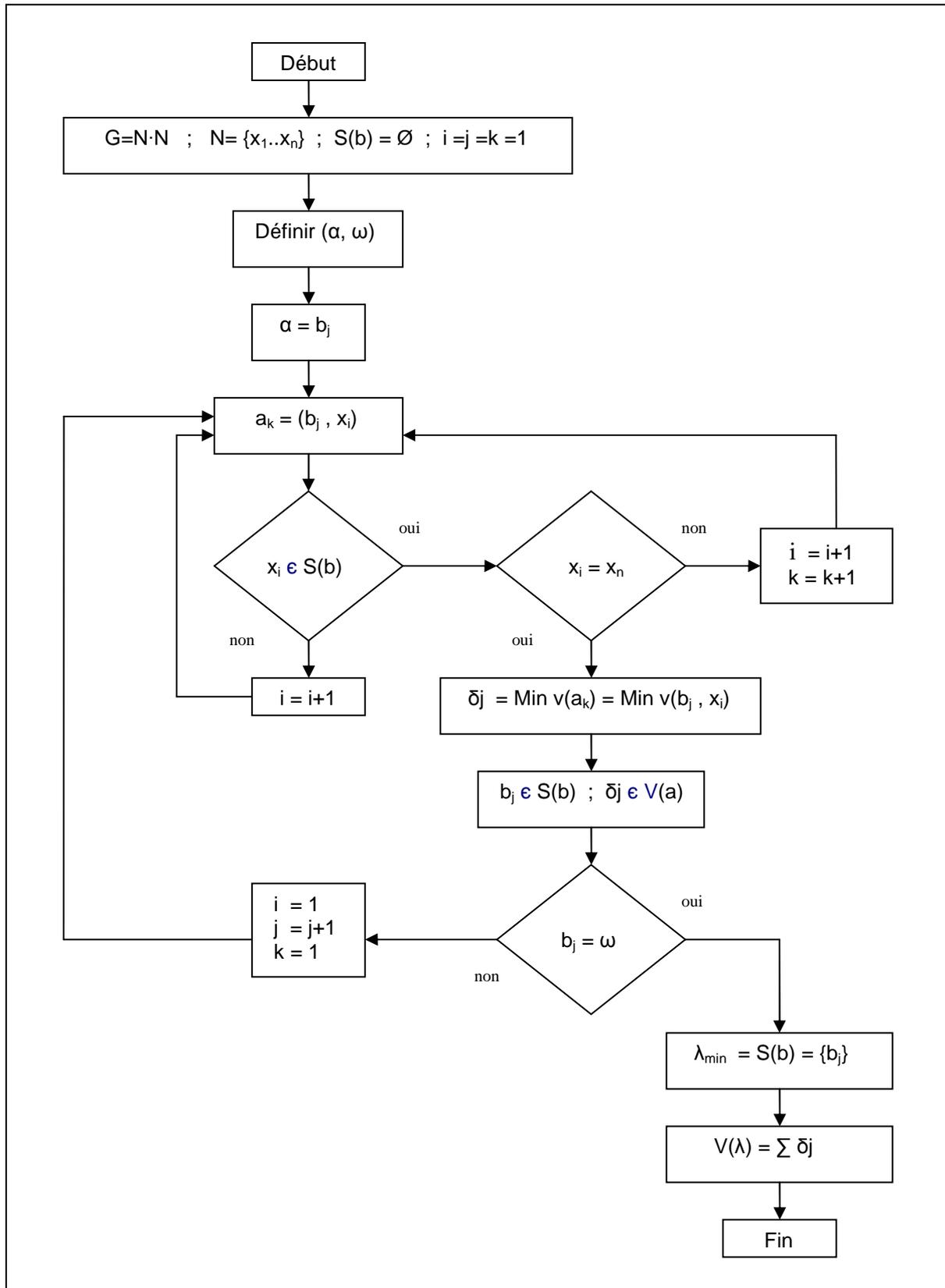
$$\lambda_{\text{minimale}} = \{b_i, b_{i+1}, b_{i+2} \dots b_n\}$$

5. L'évaluation de la valeur de la chaîne la plus courte est déterminée par :

$$V(\lambda) = \sum_{i=1}^n \delta_i$$

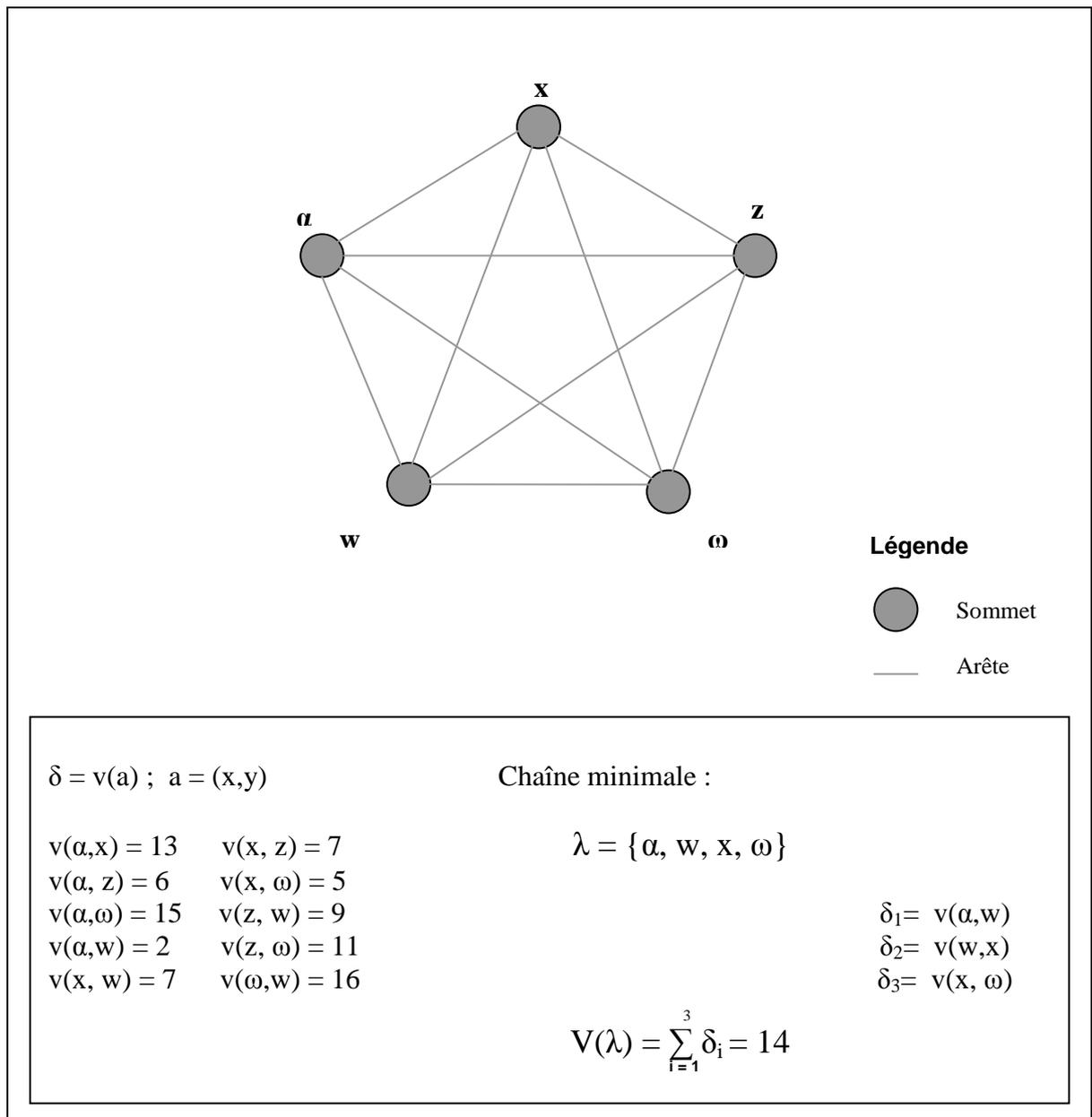
$$\delta_i = v(b_i, b_{i+1})$$

**Fig. 54 Organigramme de l'algorithme pour l'obtention de la « chaîne la plus courte » entre deux sommets d'un graphe connexe non-orienté**



Pour illustrer l'utilisation de l'algorithme pour la détermination de chaînes minimales entre deux sommets d'un graphe, nous avons considéré un graphe connexe de 5 sommets. Il faut trouver la chaîne minimale entre un sommet origine «  $\alpha$  » et un sommet destination «  $\omega$  », choisis volontairement. La valeur des arêtes «  $a$  » est représentée par  $\delta = v(a)$ .

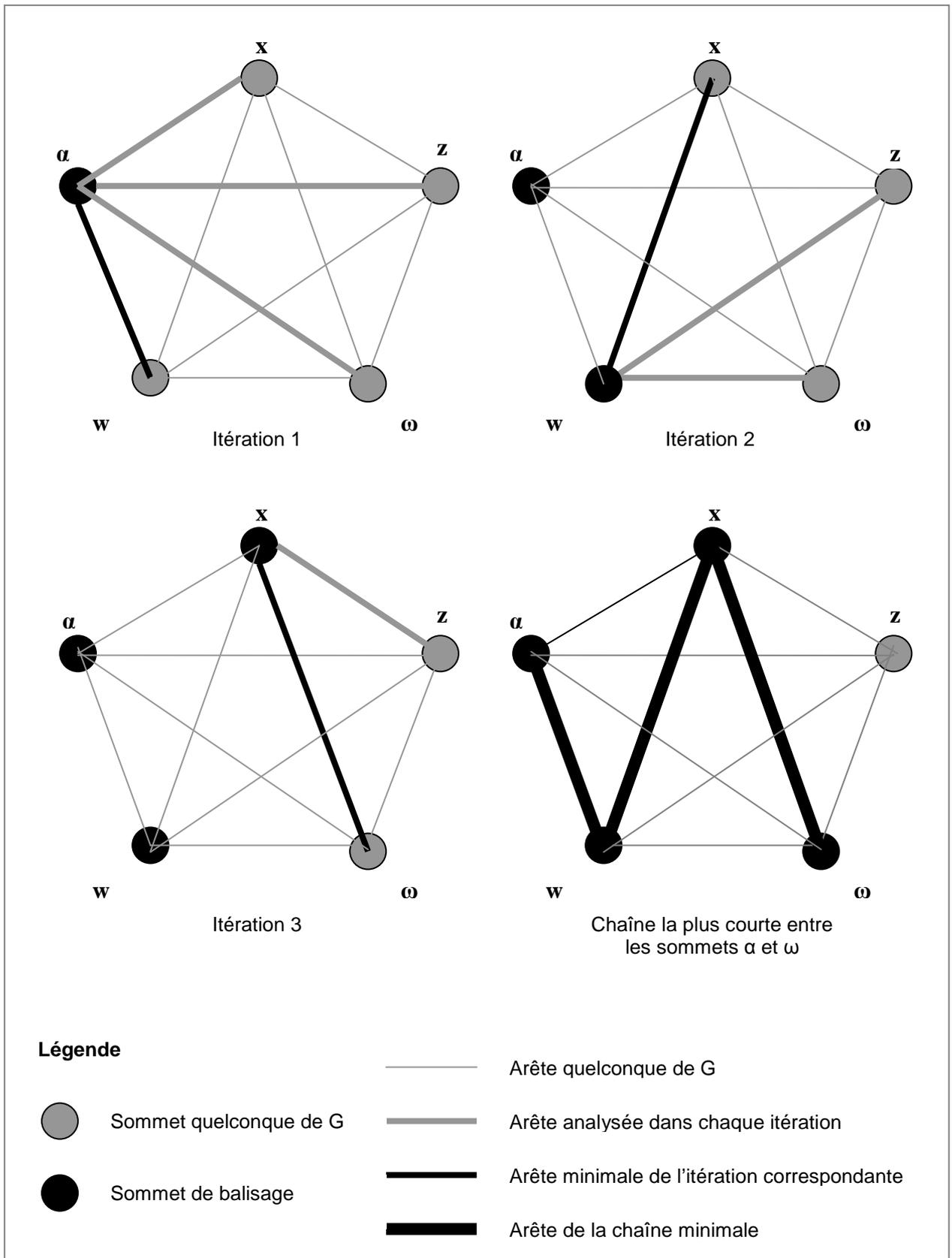
**Fig. 55 Application de l'algorithme pour la détermination de chaînes optimales « la chaîne la plus courte »**



© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

Dans cet exemple, la chaîne peut être identifiée après trois itérations de l'algorithme, dans la figure suivante on peut observer graphiquement le processus itératif.

**Fig. 56 Application de l'algorithme pour la détermination de chaînes optimales « la chaîne la plus courte » (évolution graphique)**



## 4.8 Méthode du modèle et obtention de « la chaîne multimodale optimale » pour le choix multimodal de transports

Une fois décrit notre algorithme de « définition de chaînes les plus courtes » entre un couple quelconque de sommets dans un graphe, nous continuerons en établissant une méthode pour l'obtention de la chaîne la plus courte entre nœuds d'un réseau dans le cas spécifique des transports. Cette méthode rend possible la comparaison directe entre réseaux de différents modes et l'établissement de la procédure pour pouvoir définir *les modes et les trajets optimaux à choisir* (4.4.2), en utilisant l'algorithme précédemment développé. La méthode est composée par les étapes suivantes :

### a) Définition de critères d'analyse et des modes de transport à comparer

Dans un premier temps, il faut définir les modes à comparer, *l'échelle géographique désirée et le ou les critères de choix modal à utiliser*. Il faudra obtenir des informations sur les véhicules de transport de chaque mode comparé selon le critère défini, coûts, temps de livraison, protection environnementale, préservation des infrastructures etc. Par exemple : les tarifs, les coûts supplémentaires de trajet comme les péages, les droits portuaires, les droits d'utilisation d'aéroports ou autres infrastructures selon le cas, la consommation énergétique moyenne des véhicules, la production moyenne des polluants, le tonnage moyen transporté, l'endommagement des infrastructures et toute autre variable d'intérêt entre véhicules des différents modes.

Nous pourrons obtenir des chaînes optimales de transport multimodal en fonction du nombre de modes à comparer. En effet, plus grand est le nombre des modes comparés dans l'analyse, plus grand est le nombre de combinaisons modales possibles pour une même desserte de transport. Les renseignements, sur les différentes variables propres à l'activité, aux infrastructures et aux véhicules de chaque mode, sont de la plus haute importance car d'eux dépend l'adéquation des résultats du modèle à la réalité des activités de transport. La qualité des données influencera fortement la définition des trajets et des modes de transport optimaux. Dans cette étape il est important de *définir l'échelle géographique de l'analyse* ainsi que les nœuds, en fonction de l'intérêt particulier de chaque analyse. Par exemple, à une échelle régionale les villes secondaires,

les gares et les centres de distribution régionaux (plates-formes logistiques) seront des nœuds plus appropriés tandis qu'à l'échelle continentale, les principales villes ou les parcs industriels seront des nœuds plus pertinents. De même, à une échelle intra régionale, les arêtes pourront être mieux représentées par le réseau de routes nationales tandis que pour l'échelle continentale les autoroutes seront les arêtes plus pertinentes.

## **b) Représentation des réseaux des modes de transport à comparer**

En fonction de l'échelle géographique désirée, il faudra obtenir l'information sur les réseaux des infrastructures (routes, chemins de fer et voies navigables) des différents modes à comparer, pour connaître les distances entre les nœuds, pour le réseau de chaque mode. Il faudra compter avec les informations les plus précises sur les distances existantes (non à vol de oiseau), entre les nœuds prédéfinis. Dans le cas de mode routier, ferroviaire et fluvial, les distances sont définies par le tracé des infrastructures et les voies navigables. Dans le cas du transport maritime et aérien, on obtiendra les distances de trajet entre nœuds.

On pourrait être fortement tenté de simplifier les trajets aériens et maritimes comme de simples lignes droites entre deux points, et en respectant uniquement le contour de la côte dans le cas des trajets maritimes. Mais de telles suppositions, « simplistes » peuvent ôter une bonne partie de véracité aux résultats de l'analyse. Dans le cas du transport aérien, il existe des routes balisées qui doivent être respectées par tout aéronef commercial, il existe aussi des zones interdites à la navigation aérienne pour des causes politiques et militaires, qui devront aussi être prises en compte pour obtenir ou estimer les distances du trajet aérien.

Dans le cas du transport maritime, il n'existe pas de routes balisées de façon si précise, mais il existent certaines zones interdites à la navigation commerciale à cause des profondeurs, coraux, roches submergées et aussi pour des raisons politiques et militaires. Dans certaines zones comme la Manche et la Mer du Nord, on trouve de véritables rails de navigation balisés, et il existe même un sens à respecter par les navires pour la circulation du trafic pour des raisons de sécurité de navigation. Alors, si on veut approcher la réalité des transports des différents modes par des réseaux où les arêtes sont

les distances de trajet, toutes ces particularités modales doivent être prises en compte. De cette manière, nous pourrions obtenir autant de réseaux que de modes de transport à comparer dans chaque problème concret de choix modal. Le réseau correspondant à chaque mode sera représenté par une matrice symétrique de distances « origine-destination ». Les *matrices modales* contiendront les distances kilométriques « DT » entre l'ensemble de nœuds fixés. L'inexistence d'infrastructure ou de liaison entre deux nœuds sera représentée comme «  $\infty$  » dans la case correspondante de la matrice. Chacune des matrices modales, aura une diagonale principale «  $\infty$  » qui représente le fait que la distance de trajet entre le même point d'origine et de destination est nulle. Dans les deux cas, l'utilisation de «  $\infty$  » nous permet de ne pas prendre en compte ces cases lors des comparaisons utilisant le critère  $\leq$  pour l'obtention des maillons les plus courts, car «  $\infty$  » sera toujours plus grand lors de la comparaison et donc la case ne sera pas prise en compte. Ainsi, on utilisera «  $\infty$  » pour représenter l'inexistence de liaison.

Notez que le même algorithme d'obtention des « chaînes les plus courtes » peut être utilisé pour l'identification des chaînes les plus longues entre deux sommets d'un graphe connexe (deux nœuds d'un réseau) si on change la relation de comparaison «  $\leq$  » par «  $\geq$  » et si on change aussi «  $\infty$  » par «  $\emptyset$  » ou par «  $-\infty$  », selon que l'on veut considérer uniquement des distances positives, ou bien, si on veut considérer des distances positives et négatives, comme valeurs des arêtes. Pour représenter chaque mode comparé, nous obtiendrons les matrices des distances pour chaque mode à analyser «  $DT_{\text{mode } x}$  », lesquelles auront la forme générale suivante :

**Fig. 57** Forme générale des matrices modales « DT »

Destination ↘ Origine	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	$\infty$	$d_{ab}$	$d_{ac}$	$d_{ad}$	$d_{ae}$	$d_{af}$	$d_{ag}$	$d_{ah}$	$d_{ai}$	$d_{aj}$	$d_{ak}$
B	$d_{ba}$	$\infty$									
C	$d_{ca}$	...	$\infty$	...	...	...	...	...	...	...	...
D	$d_{da}$	...	...	$\infty$	...	...	...	...	...	...	...
E	$d_{ea}$	...	...	...	$\infty$	...	...	...	...	...	...
F	$d_{fa}$	...	...	...	...	$\infty$	...	...	...	...	...
G	$d_{ga}$	...	...	...	...	...	$\infty$	...	...	...	...
H	$d_{ha}$	...	...	...	...	...	...	$\infty$	...	...	...
I	$d_{ia}$	...	...	...	...	...	...	...	$\infty$	...	...
J	$d_{ja}$	...	...	...	...	...	...	...	...	$\infty$	...
K	$d_{ka}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$\infty$

A ...K  $\equiv$  points d'origine et de destination

$d_{ij}$   $\equiv$  distance kilométrique des trajets entre points d'origine et de destination « DT »

© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

Il est nécessaire de construire une matrice similaire pour chaque mode analysé en gardant les mêmes points d'origine et de destination pour toutes les matrices. Les matrices seront toujours « carrées », même si certaines liaisons n'existent pas dans la réalité, afin de faciliter le traitement matriciel. Rappelons que toute inexistence de liaison sera représentée par  $d_{ij} = \ll \infty \gg$ .

### c) Affectation des réseaux par les distances équivalentes de transport « DET »

Cette étape, comprend l'affectation des réseaux de chaque mode par le facteur « $\Phi$ » correspondant au critère de choix défini préalablement et aux caractéristiques et performances des véhicules de chaque mode. On obtiendra ainsi les réseaux modaux mesurés par des unités homogènes et directement comparables grâce aux « distances

équivalentes de transport » DET (4.4.6). Cette étape permet aussi de réaliser diverses analyses du même réseau en modifiant les critères de choix, l'attribution des variables de natures différentes aux distances entre nœuds, rend le modèle adaptable aux besoins particuliers des différents acteurs. Ainsi, nous obtiendrons pour chaque mode, une deuxième matrice :  $DET_{mode\ x} = DT_{mode\ x} \cdot \Phi_x$

**Fig. 58** Forme générale des matrices modales « DET »

$DET_{mode\ x} = \Phi_{mode\ x}$	$\infty$	$d_{ab}$	$d_{ac}$	$d_{ad}$	$d_{ae}$	$d_{af}$	$d_{ag}$	$d_{ah}$	$d_{ai}$	$d_{aj}$	$d_{ak}$
	$d_{ba}$	$\infty$									
	$d_{ca}$	...	$\infty$	...	...	...	...	...	...	...	...
	$d_{da}$	...	...	$\infty$	...	...	...	...	...	...	...
	$d_{ea}$	...	...	...	$\infty$	...	...	...	...	...	...
	$d_{fa}$	...	...	...	...	$\infty$	...	...	...	...	...
	$d_{ga}$	...	...	...	...	...	$\infty$	...	...	...	...
	$d_{ha}$	...	...	...	...	...	...	$\infty$	...	...	...
	$d_{ia}$	...	...	...	...	...	...	...	$\infty$	...	...
	$d_{ja}$	...	...	...	...	...	...	...	...	$\infty$	...
	$d_{ka}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$\infty$

$DET_{mode\ x} \equiv$  Distances équivalentes du transport du mode x  
 $\Phi_{mode\ x} \equiv$  Facteur correspondant au facteur de choix, propre au mode x  
 $d_{ij} \equiv$  distance kilométrique des trajets entre points d'origine et de destination « DT »

© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

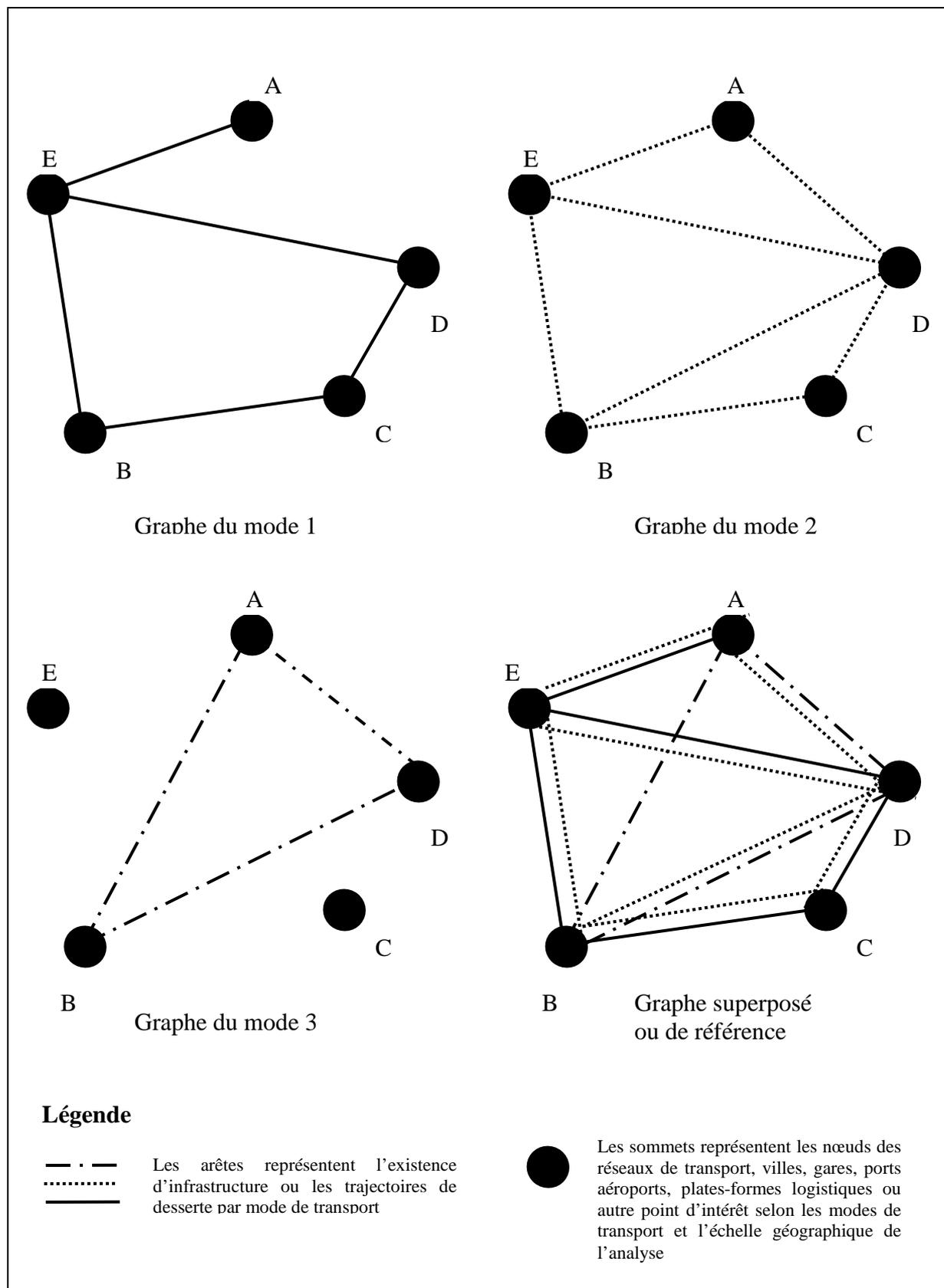
#### d) Superposition des réseaux et obtention du « réseau de référence »

Il s'agit de superposer les réseaux déjà homogènes pour obtenir un seul réseau d'analyse qu'on appelle « le réseau de référence ». Pour l'obtenir, nous ferons une première comparaison entre les modes de transport grâce aux matrices DET, lesquelles sont directement comparables grâce au facteur d'homogénéisation «  $\Phi$  ». De cette

manière nous ferons une première discrimination entre les mêmes arêtes  $a(i,j)$  de chaque réseau modal grâce à la relation de hiérarchie  $\leq$ .

Ainsi, dans le cas d'une comparaison entre cinq modes, nous obtiendrons pour chaque ensemble d'arêtes  $\{ a_{\text{routier}}, a_{\text{ferroviaire}}, a_{\text{fluvial}}, a_{\text{aérien}}, a_{\text{maritime}} \}$  entre le même couple de nœuds  $(i,j)$ , l'arête  $a(i,j)$  optimale, la plus courte. L'ensemble d'arêtes optimales, sera l'ensemble des arêtes d'un nouveau réseau « superposé ». Nous obtiendrons ainsi le « réseau de référence », déjà constitué par des arêtes de différents réseaux modaux. Par la suite, nous continuerons à travailler seulement avec le réseau de référence. La superposition des graphes et le réseau de référence sont représentés dans la figure suivante.

**Fig. 59 Superposition des graphes modaux de transport pour la constitution du graphe de référence ou « graphe intermodal »**



### e) Obtention de la chaîne la plus courte

Dans cette étape, il faut obtenir de façon exhaustive, les combinaisons modales possibles dans le réseau intermodal (de référence) qui définiront tous les trajets, sans passer deux fois par le même nœud, entre une origine et une destination choisies. On obtiendra une série de trajets multimodaux différents entre un couple de nœuds origine-destination quelconque.

Pour les obtenir, on appliquera l'algorithme de détermination des chaînes optimales, développé préalablement (4.7), au « graphe de référence ». Nous avons conçu un programme C++ nommé « OTC » pour l'application de l'algorithme, l'obtention de la chaîne multimodale optimale et sa comparaison au trajet unimodal routier en fonction des critères de choix et des données de différents réseaux modaux. (Annexe 5). Le résultat de l'analyse sera la définition des nœuds qui balisent la *chaîne optimale*, et le mode de transport à utiliser entre chaque couple de nœuds de la chaîne proposée.

Exemple)

Si on considère le graphe superposé des réseaux modaux de la (Fig.59) avec les valeurs entre arêtes «  $\delta$  » proposées ci-dessous, et si on veut déterminer la chaîne multimodale la plus courte pour lier E à D afin de la comparer avec les trajets modaux directs, on obtient :

$$\delta = v(a) ; a = (X, Y)$$

DET <sub>mode 1</sub>	DET <sub>mode 2</sub>	DET <sub>mode 3</sub>	<u>Trajets directs :</u>
$v(E,A) = 18$	$v(E,A) = 8$	$v(A,B) = 6$	mode 1 = 20
$v(E,D) = 20$	$v(E,D) = 19$	$v(A,D) = 3$	mode 2 = 19
$v(E,B) = 15$	$v(E,B) = 6$	$v(C,D) = 6$	
$v(B,C) = 21$	$v(B,C) = 15$		<u>Chaîne multimodale la plus courte :</u>
$v(C,D) = 21$	$v(C,D) = 8$		
	$v(A,D) = 8$		$\lambda = \{E,B,A,D\}$
	$v(B,D) = 18$		$V(\lambda) = \sum \delta_i = 15$

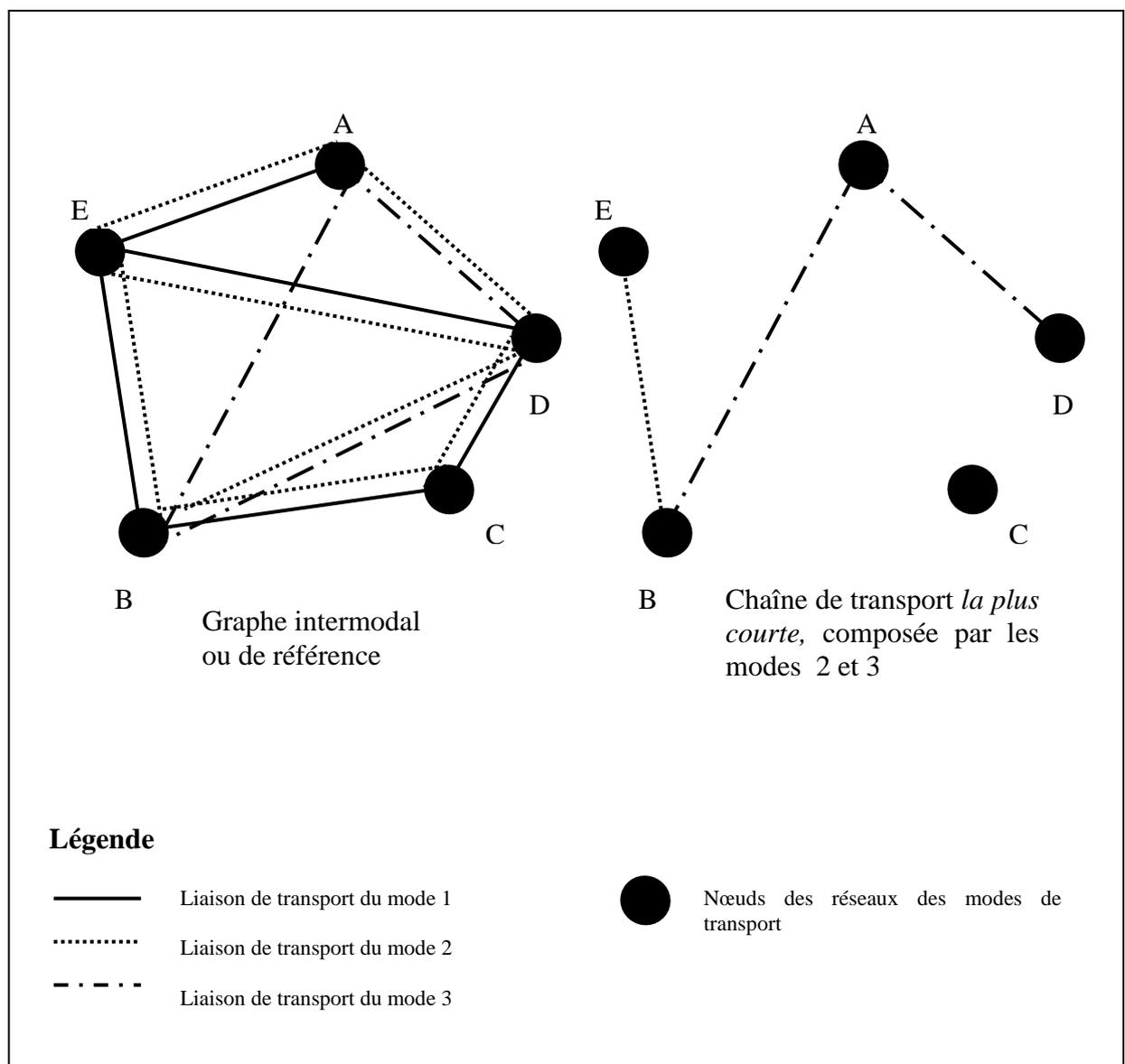
Dans la figure suivante on peut observer graphiquement le graphe de référence qui représente le réseau intermodal, et la chaîne la plus courte «  $\lambda$  » composée par les

sommets E,B,A,D des trajets des modes 2 et 3. En d'autres termes, on obtient :

- 1 les nœuds du réseau à parcourir ;
- 2 l'ordre du parcours ;
- 3 le mode de transport à utiliser pour chaque liaison entre nœuds

En définissant ainsi la chaîne multimodale de transport, les valeurs DET et l'évaluation quantitative  $V(\lambda)$  permettent la comparaison directe entre l'option multimodale de transport et l'option ou les options unimodales directes.

**Fig. 60 Exemple d'obtention de la chaîne multimodale la plus courte**



## **f) Comparaison de la chaîne optimale aux alternatives unimodales et construction de scénarios**

Finalement, on comparera toujours en fonction du critère ou des critères de choix, *la chaîne multimodale optimale avec le trajet unimodal routier*, pour aboutir à la détermination des chaînes qui, comprenant des maillons ou des trajets de transport maritime de cabotage entre nœuds intermédiaires, soient plus ou autant acceptables que le transport direct tout route. Les chaînes de transport combiné résultantes de cette dernière comparaison, seront donc compétitives avec le transport routier, les composants ou maillons de la chaîne seront aussi compétitifs de façon individuelle pour la liaison ou maillon spécifique dans la chaîne. La compétitivité sera déterminée par rapport à la relation « $\leq$ » selon le critère de choix sélectionné au début. Nous pourrions donc, exprimer les résultats en termes de compétitivité de coûts, de compétitivité énergétique ou écologique des modes de transport analysés pour des dessertes spécifiques.

Ainsi, grâce à l'application du modèle (DETCM) nous toucherions au but de notre recherche, qui est l'identification des lignes de transport maritime de cabotage compétitives avec la route. Dans le chapitre 5, nous analyserons le réseau autoroutier et le réseau de transport maritime de cabotage en Europe occidentale. Cette analyse, nous permettra d'identifier des liaisons de cabotage économiquement exploitables, dans un réseau constitué par les 57 principaux ports et les 70 principales villes de cette zone géographique. Ce dernier chapitre est consacré à la détection de chaînes optimales « mer-route » en sachant que des acheminements terrestres complémentaires au cabotage sont toujours nécessaires et que le transport routier est le principal concurrent, mais aussi le principal partenaire potentiel du transport maritime de cabotage (2.2).

Sur la base de cette identification des lignes économiquement exploitables, et du potentiel de transfert de fret routier (3.4.3), nous construirons des scénarios possibles de transfert de fret vers la mer. Nous terminerons le chapitre par des recommandations, pour le développement et la promotion du cabotage en Europe, lesquelles sont issues des résultats quantitatifs du modèle (DETCM) et de l'analyse qualitative réalisée tout au long de ce travail de recherche.

## Conclusion

Le choix modal de transport, est en lui-même un sujet complexe qui a été traité de diverses manières jusqu'à nos jours. Le choix des transports est en effet l'aspect principal de la réussite commerciale ou non d'un moyen de transport. A première vue, on pourrait penser qu'il s'agit uniquement d'un jeu d'offre et de demande d'un service quelconque. Cette vision, que nous considérons trop simpliste, a débouché sur la conception de modèles et de méthodes de choix modal qui sont presque inapplicables dans la généralité des cas de choix modal, ou pour lesquels les résultats manquent d'approche à la réalité des activités quotidiennes des transports. Il nous semble nécessaire qu'à l'avenir, les modèles deviennent plus complets, en prenant en compte les différents facteurs de choix qui peuvent influencer le choix modal, même si celui des chargeurs reste toujours fonction du moindre coût et du moindre risque d'imprévu.

Ainsi que nous l'avons expliqué, au chapitre 2, la décision du choix modal des chargeurs n'arrive qu'en dernier lieu des décisions prises. Les décideurs d'implantation d'infrastructures, les aménageurs de territoire et des politiciens qui se trouvent au sommet de cette « *structure de choix* », doivent pouvoir aussi compter sur des outils afin de mieux visualiser des possibles scénarios et pouvoir ainsi, mieux orienter leur choix. Par définition, le choix humain n'est pas susceptible de modélisation. Mais des modèles, basés sur des renseignements plus précis des facteurs externes et internes aux activités de transport, sur des supports théoriques plus adaptés à la réalité, et qui donnent la possibilité d'effectuer des analyses plus précises des possibles alternatives et des scénarios potentiels dérivés des décisions prises, sont irréfutablement un support qui aide à prendre les meilleures décisions.

Les modèles de choix que nous avons exposés et analysés dans ce chapitre sont un échantillon représentatif des divers types de modèles de choix que nous avons trouvés dans la littérature des transports. Nous considérons que parmi les modèles existants, les modèles sérieusement renseignés, fondés sur des données statistiques et/ou d'enquêtes, décrivent très bien la réalité de la concurrence modale et peuvent nous aider à comprendre la nature des enjeux de la concurrence. Mais, les modèles de ce type ont

l'inconvénient d'être uniquement applicables localement, et en nécessitant toujours d'importantes ressources pour mener les études, voire même, des structures permanentes de contrôle et de renseignement sur les activités de transport. D'autre part, les résultats obtenus ne peuvent pas être extrapolés, ce qui limite leur utilisation, et dans tous les cas, si on prend leurs résultats comme guide pour orienter des choix futurs, on ne fera que poursuivre une tendance de choix déjà existante.

Une autre catégorie, est celle des modèles de « choix modal » basés sur des fondements théoriques très généraux et qui effectivement peuvent être appliqués de façon universelle, mais nous pensons qu'ils minimisent ou tout simplement ignorent les facteurs géographiques, techniques et opérationnels qui influencent aussi les chargeurs dans leur choix. En même temps, nous considérons que certains modèles purement théoriques et uniquement basés sur le critère de coût de transport, sont très loin de pouvoir représenter la réalité du choix modal. Le « modèle des aires de marché » offre une analyse et des résultats intéressants, il est le seul à considérer le facteur géographique par le biais des distances. Néanmoins, nous pensons que la meilleure façon de modéliser les transports et en conséquence de les représenter pour analyser le choix modal, est de les considérer en tant que réseaux.

Nous avons donc bâti, sur cette notion, un modèle de choix modal (DETCCM) qui est en fait un modèle de choix, non entre modes de transport, mais entre chaînes multimodales de transport. Dans la réalité, des activités de transport, tous les mouvements de véhicules ne sont que des flux qui circulent sur les réseaux des infrastructures, des *réseaux* dans le sens géométrique du terme. Cette façon de considérer les transports, nous a offert la possibilité d'intégrer à notre analyse les possibilités de transfert modal, car la multimodalité peut être représentée comme des flux sur des réseaux superposés.

En ce qui concerne le support théorique du modèle, nous nous sommes basés sur la théorie des graphes. Nous avons analysé les algorithmes de « chemin le plus court », les plus connus, qui correspondent approximativement à notre problème, mais ni l'algorithme de *Dijkstra* ni celui de *Bellman et Ford* n'ont pu nous servir pour une application directe dans notre modèle, car ils prennent en compte des réseaux orientés, tandis que le but essentiel de notre modèle est de pouvoir faire des prospections sur des

nouvelles chaînes multimodales sans suivre obligatoirement une direction fixée, mais au contraire, en analysant toutes les combinaisons modales possibles sans accorder d'importance aux changements de direction dans le flux. Pour cette raison, nous avons décidé de concevoir un algorithme adapté à l'analyse des chaînes. En effet, le principe de notre modèle, du point de vue de la théorie des graphes, peut être décrit comme la superposition des réseaux de chaque mode qu'il faut analyser pour définir un graphe de référence. Le réseau de chaque mode analysé, est modélisé comme un graphe symétrique, c'est-à-dire, que chaque lien entre les nœuds possède une double direction. Ceci suppose qu'il existe toujours la possibilité « aller – retour » entre les nœuds qui sont connectés.

Nous considérons qu'un des apports importants du modèle, est le fait qu'il soit adaptable aux différents intérêts des acteurs du transport. Grâce au concept de « *Distances équivalentes de transport* », tout critère de choix est techniquement représentable en considérant implicitement le facteur géographique « distance ». Cette adaptabilité aux différents intérêts des acteurs est démontré par le fait que, selon le cas, on peut obtenir des « chaînes multimodales optimales » différentes pour la même paire de nœuds « origine - destination » en fonction du critère de choix. Dans le chapitre suivant nous appliquerons ce modèle (DETCCM) au cas d'une comparaison entre le transport de cabotage et le transport routier en Europe Occidentale.

## **Chapitre 5. Identification des lignes de cabotage à fort potentiel de transfert de fret routier**

Dans ce chapitre nous atteignons l'objectif de notre recherche qui est l'identification des lignes de cabotage à fort potentiel de transfert de fret routier. Dans le sous-chapitre (3.4), nous avons effectué l'analyse de trafics routiers internationaux en Europe occidentale et nous avons défini un schéma des principales opportunités de transfert des flux terrestres vers le cabotage au niveau des zones géographiques européennes (Fig.36). Afin d'analyser le problème de choix modal prenant en compte le besoin d'acheminement et de post-acheminement terrestre des marchandises, nous avons conçu, au chapitre quatre le modèle (DETCCM) basé sur l'utilisation des distances des infrastructures de transport ou des trajets de navigation entre des points géographiques intéressants, ainsi qu'une application de la théorie des graphes pour déterminer la chaîne de transport bimodale (maritime et routière) la plus courte.

### **5.1 Application du modèle de « Distances équivalentes de transport pour le choix de chaînes multimodales » (DETCCM) au cas du transport bimodal, maritime et routier, en Europe nord-occidentale**

Initialement, pour identifier des lignes de cabotage à fort potentiel de transfert de fret, nous avons envisagé de développer une analyse générale du transport intermodal en Europe, en considérant le transport maritime de cabotage et les trois modes terrestres : fluvial, rail et route. L'inclusion de ces quatre modes dans l'analyse (DETCCM) de chaînes multimodales de transport, aurait été parfaite pour analyser les possibilités de transfert vers le cabotage, dans un cadre incluant tous les modes de transport terrestre, car il aurait plus rapproché nos résultats de la réalité de la concurrence entre modes. Malheureusement, le manque de sources homogènes, fiables et exhaustives pour l'obtention des données des distances de chemin de fer et de voies navigables au niveau « Europe occidentale », nous a incité à concentrer nos efforts sur les renseignements concernant les distances routières entre villes et ports ainsi que les distances de navigation maritime, entre les ports de notre échantillon. Les distances routières entre villes et ports de notre analyse ont été extraites de la base de données «Michelin», laquelle est utilisée pour la confection des cartes d'information routière et d'itinéraires en Europe. L'obtention

des distances maritimes de navigation a été la plus laborieuse, les 15 % des données des distances sont extraites de diverses sources (manuels de navigation) citées dans la bibliographie, et le manque de sources publiées contenant toutes les distances nécessaires pour notre analyse, nous a obligé à procéder au calcul de distances entre ports pour compléter notre matrice de distances. Les distances maritimes ont été calculées en suivant les procédures de la marine marchande, après un suivi des cours de « tracé de routes maritimes » à l'école de la marine marchande du Havre en tant qu'auditeur libre, et aussi avec l'aide de la bibliographie de navigation des écoles de la marine marchande de Brest et de Marseille.

Le deuxième motif de faire abstraction du mode fluvial et du chemin de fer pour notre analyse (DETCCM), est qu'aucun de ces modes ne représente une sérieuse concurrence au cabotage maritime et encore moins au transport routier (1.7). *Le transport routier est le seul mode terrestre à partir duquel un transfert de fret vers la mer est possible.* Il a profité de la croissance la plus importante, 10,5 % depuis 1970, alors que le rail a subi une décroissance cumulée de 0,3 % sur la même période (Fig.17). De l'analyse de la même figure, il est clair qu'une redistribution modale a déjà eu lieu à partir de 1980, année qui marque un changement net de « la tendance de croissance de tous les modes ». On peut observer que l'année 1980, est le début d'une stagnation de la croissance du transport fluvial ainsi que le début de la décroissance du transport ferroviaire de fret. Ceci, signifie que la croissance du fret ferroviaire prévue jusqu'à nos jours, en suivant la tendance de la période 1970-1980 a été absorbée depuis 1980 par la route.

On pourrait aussi penser qu'une partie de la croissance prévue du fret ferroviaire a été absorbée par le cabotage mais même si cette éventualité est toujours, nous considérons cette possibilité comme faible voire nulle, parce que les dessertes du rail sont toujours possibles par transport routier et avec de meilleures performances de délai de transport (2.3.2), alors que toutes les dessertes non côtières du rail, sont impossibles à réaliser par cabotage maritime direct. Cette réalité nous amène à penser que, si un éventuel transfert de fret à partir du rail se produit à l'avenir, il se fera substantiellement vers le transport routier et non vers le cabotage. Quant au transport fluvial, il reste un mode de transport confiné et jouit d'un quasi monopole de ses marchés, et si jamais il fait l'objet d'un transfert modal, celui se fera sans doute aussi au profit de la route. Pour ces dernières raisons, nous présumons que l'analyse que nous avons faite pour un possible transfert de

fret, en ne considérant que le transport de cabotage maritime et le transport routier ne s'écarte guère de la réalité.

### **5.1.1 Paramètres d'application du modèle (DETCCM) pour la détection de chaînes intermodales « mer-route » minimales**

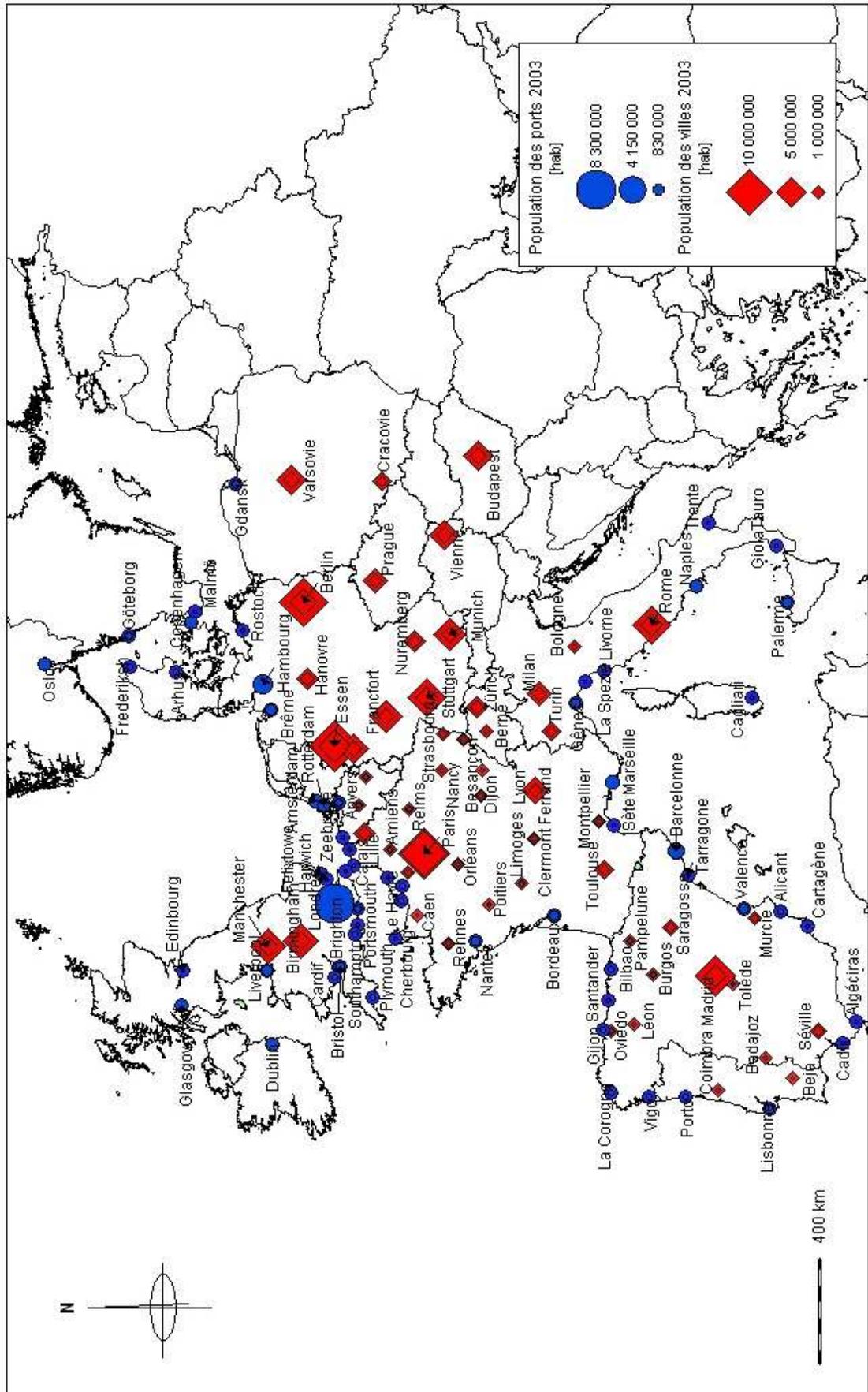
Le choix de l'ensemble des ports dans l'espace géographique de notre travail, « Europe nord-occidentale », a été basé sur un double critère, le premier est celui de l'importance du port et le deuxième est celui du poids de la population avec le même seuil que dans le cas des villes intérieures (20000 hab. au minimum). Quelques exceptions ont été faites, certaines villes et/ou ports ont été inclus à cause de leur importance, même si leur population est légèrement inférieure au seuil minimal, comme c'est le cas de Beja au Portugal, de Sète en France ou de Liège en Belgique. D'autres villes, hors du strict espace de l'Europe nord-occidentale, ont été choisies, car elles sont des villes capitales d'état comme Varsovie, Vienne et Budapest, ou par leur importance portuaire comme Gdansk.

On a pris en compte quelques nœuds principaux d'attraction de trafics en Europe de l'est, pour tester le modèle sur des distances plus grandes, entre nœuds, et d'autre part, pour éviter de trop simplifier l'analyse en découpant nettement l'espace d'étude, cette délimitation de l'espace d'analyse n'a pas été simple. Il est très compliqué d'établir des critères pour délimiter l'espace de circulation des marchandises, parce que simplement, toute limite n'est que l'interface de l'espace contigu auquel elle appartient aussi. D'autre part, l'inexistence de frontières à l'intérieur de l'Europe, pour la circulation de marchandises, rend impossible la représentation des activités du transport de marchandises dans des espaces fermés. Nous tenons à mentionner que pendant l'élaboration de cette thèse, nous avons dû élargir trois fois l'espace d'étude sur la base des mêmes critères : relations interportuaires, trafic routier de marchandises, concentration de la population et localisation des principaux sites de production. Après plusieurs réflexions sur la composition finale de notre réseau d'analyse, nous avons retenu un échantillon de 112 villes dont 57 villes portuaires et 55 villes intérieures, ce qui nous semble représentatif de l'Europe occidentale, ainsi que des villes et des ports avec lesquels elles entretiennent leurs principaux échanges commerciaux : les pays Scandinaves et les pays de l'Est. Sans doute l'échantillon est perfectible, et nous ne prétendons pas qu'il soit

absolument représentatif, mais nous considérons, pour toutes les raisons mentionnées, qu'il l'est suffisamment pour réussir l'objectif de notre étude.

Cette application du modèle (DETCCM) a été l'objet du développement d'un programme informatique (Annexe 5). Il analyse différentes options de transport combiné, maritime/routier dans ce cas, et compare les résultats des évaluations des plus courtes chaînes bimodales obtenues avec l'option de transport entièrement routier direct entre une des villes et le reste des villes de notre échantillon. Les critères d'évaluation du programme sont : coûts de transport, délai de la desserte, consommation énergétique du véhicule et pollution générée sur la totalité du trajet de transport. Le programme utilise les valeurs moyennes des variables de coût, vitesse, consommation de carburant et pollution émise par les poids lourds (PL) en tant qu'unité de transport routier. Dans le cas du transport maritime, on utilise les mêmes variables pour les navires, mais avec des valeurs moyennes attribuables au conteneur maritime de 40' en tant qu'unité de transport (Fig.61).

Carte 13. Population des villes et des ports sélectionnés pour l'analyse de liaisons compétitives de cabotage



© H. Martell, 2006, CIRTAL, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

Il est important de remarquer que le poids moyen de fret transporté par les deux unités de transport n'est pas le même. Un poids lourd transporte en moyenne 15 tonnes, tandis que le conteneur maritime sert à transporter une moyenne de 25 tonnes de fret. Indépendamment de la nature du fret, on peut dire qu'il existe un différentiel moyen de fret de 3/5 entre les deux unités de transport. D'autre part, l'analyse met en comparaison directe les coûts du transport routier pour l'unité « poids lourd » et ceux du transport maritime pour l'unité « conteneur 40' », ce qui signifie que les résultats de l'analyse, référents à la détection des lignes de cabotage économiquement compétitives pénalisent implicitement la compétitivité du transport maritime si l'on raisonne en termes de tonnages. En d'autres mots, notre analyse favorise implicitement la compétitivité du transport routier par rapport à celle du transport maritime à raison de 5/3. Les derniers facteurs qui défavorisent la compétitivité du cabotage dans l'analyse, sont les coûts du passage portuaire qui sont comptabilisés dans le coût du trajet, tandis que dans le cas du transport routier les péages ne sont pas pris en compte. Nous considérons que par rapport à l'objectif de détection des lignes de cabotage économiquement exploitables, le fait de favoriser la compétitivité du transport routier dans l'analyse, apporte de la fiabilité aux résultats d'identification des lignes de cabotage à fort potentiel de développement.

**Fig. 61 Valeurs moyennes des variables utilisées pour l'analyse des chaînes bimodales de transport maritime et routier**

Variable de choix modal	Différentes valeurs pour la même variable selon la source indiquée entre parenthèses	Valeur moyenne utilisée pour l'analyse (DETCCM)
<b>Coûts</b>	[€/km]	[€/km]
Transport routier [PL]	1,05 (b)	<b>1,05</b>
Cabotage maritime [cont. 40']	0,75 (b)	<b>0,75</b>
<b>Vitesse</b>	[km/h] (c)	[km/h]
Transport routier [PL]	85 (c) ; 75 (a)	<b>90</b>
Cabotage maritime [cont. 40']	34 ( 18 Knot )	<b>37 ( 20 knot )</b>
<b>Consommation énergétique</b>	[ l/km ]	[Tep/km]
Transport routier [PL] (d)	0,335 (a) ; 0,36 (f) ; 0,38(d)	<b>0,000018403</b>
Cabotage maritime [cont. 40']	0,087 (d)	<b>0,00000424</b>
<b>Pollution engendrée pour l'environnement</b>	[g/Kwh]	[gCO/km]
Transport routier [PL]	1,5 (g)	<b>0,000186</b>
Cabotage maritime [cont. 40']	0,34 (d)	<b>0,0000422</b>
<b>Passage portuaire d'un conteneur 40 pieds</b>		
Coût	80 € (h)	<b>80 €</b>
Délai	8 h (h)	<b>8 h</b>
<b>Poids moyen transporté par unité de transport</b>		[ton]
Transport routier [PL]	15 (c)	<b>15</b>
Cabotage maritime [cont. 40']	25 (e)	<b>25</b>

Sources: (a) Observatori de costos del transportde mercaderias per carretera a Catalunya, 2004  
 (b) SCEREN, Les ports maritimes français dans les échanges mondiaux, 2003  
 (c) Enquête de transit, Ministère de l'Équipement des transports et du logement, 1999  
 (d) Valeur calculée à partir des données de trafic Eurostat (intra-EU + domestique), H.Martell, 2006  
 (e) Valeur calculée à partir des données de trafic du Havre et Rotterdam, H.Martell, 2005  
 (f) Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, ADEME, 2002  
 (g) Norme EURO III, Etude SES-CITEPA, Ministère de l'Équipement des transports et du logement, 2005  
 (h) Terminaux de Normandie, 2006

## **5.2 Identification des ports à fort potentiel pour le développement de liaisons de cabotage plus compétitives que l'alternative routière**

Pour définir les liaisons de cabotage plus compétitives que l'alternative de transport entièrement routier, on a utilisé un seuil de différence des coûts totaux de 200 €. Les résultats de l'analyse par rapport à la compétitivité du cabotage, ont été plus positifs que ce que nous avions pensé à priori. Bien que le différentiel de poids du fret transporté et la non inclusion des péages, favorisent la compétitivité du transport routier dans l'analyse, les résultats montrent que tous les ports analysés sauf Amsterdam, Glasgow, Edinburgh et Ahrus comptent au moins 25 liaisons de cabotage plus compétitives que l'alternative routière.

Nous insistons sur le fait que l'analyse et les résultats obtenus ont comme objectif d'identifier des lignes potentielles pour le développement du cabotage de marchandises conteneurisées à l'échelle du continent et non l'analyse détaillée sur les possibilités de développement de ces lignes sur chaque port. Pour le réaliser, il faudrait mener des études pour déterminer le marché des liaisons potentielles de cabotage de chaque port, ce qui impliquerait des nombreuses études approfondies. On pourrait même penser aller plus loin, jusqu'à l'analyse du marché potentiel de chaque port par type de marchandise, mais cette ambition n'est pas facilement réalisable à cause de l'investissement en temps et en ressources qui serait nécessaire. D'autre part, mener une étude d'une telle envergure n'aurait de sens sans une première approche permettant une identification des possibilités pour le développement des lignes de cabotage, qui ciblerait de façon générale et à grande échelle, ces possibilités.

De l'interprétation des résultats de notre analyse, nous avons identifié quatre types de ports par rapport au potentiel de développement du cabotage. Chaque type de port possède différentes caractéristiques géographiques, d'arrière-pays immédiat et de qualité de connexions au réseau routier. On peut établir le classement suivant :

1. Ports sur des côtes à forte densité portuaire ;
2. ports insulaires ;
3. ports exclusifs d'une zone côtière ;
4. couples exclusifs de ports sur une zone côtière

On peut dire, d'après les résultats, que le potentiel de développement des liaisons de cabotage des ports, correspond au type de port, ou bien, à la superposition des phénomènes qui caractérisent chaque type de port. Ensuite, nous aborderons les phénomènes observés qui définissent chaque catégorie.

### **5.2.1 Les ports sur les côtes à forte densité portuaire**

La forte densité portuaire provoque une forte concurrence. Dans ce cas, les résultats montrent que le potentiel de chaque port pour développer des liaisons de cabotage compétitives est similaire. La différence du potentiel entre ports d'une zone côtière à forte densité s'établit en fonction de la meilleure localisation par rapport à la géographie du continent, c'est-à-dire, à proximité d'une grande ville, à proximité d'une zone de concentration de villes, ou bien, l'occupation d'une position intermédiaire sur une façade maritime. *Dans le cas de forte densité portuaire sur une même façade maritime, le nombre de connexions du port au réseau routier et la proximité des villes importantes sont les facteurs qui déterminent le port possédant un potentiel majeur pour développer le cabotage.*

Nous pouvons constater ce phénomène dans six groupes des ports parmi l'ensemble des ports de notre échantillon. Un premier cas est celui du groupe des ports de La Corogne, Vigo et Porto. Dans ce cas la proximité des ports avec des parcours routiers moindres pour desservir le Nord de l'Espagne dans le cas de La Corogne ou bien le Portugal dans le cas de Porto, implique que le potentiel pour développer les liaisons de cabotage de Vigo soit réduit bien que les trois ports aient pratiquement le même arrière-pays et une position géographique très semblable par rapport à l'Europe. Les liaisons potentielles compétitives de cabotage pour Porto sont 165 et 116 pour La Corogne, tandis que pour Vigo on en a obtenues uniquement 38, soit, un cinquième du potentiel du

développement de cabotage de Porto. Cet exemple montre que la forte densité portuaire peut être un facteur défavorable, qui peut éliminer la possibilité pour certains ports, de développer leurs liaisons potentielles de cabotage même si leur position géographique, leurs connexions routières et leurs arrière-pays sont similaires.

Un deuxième cas est celui des ports de Gijon, Santander et Bilbao, dont la connexion routière la plus courte vers Madrid est celle de Santander, qui profite en plus d'être positionné au milieu de la façade maritime du golf de Gascogne. Position qui minimise les trajets routiers vers les destinations à l'est et à l'ouest par rapport à Gijon et à Bilbao (voir cartes 6 et 7). Ce cas nous semble très intéressant car le potentiel pour développer le cabotage sur les trois ports est similaire, Bilbao compte 133 liaisons compétitives de cabotage, Santander 174 et Gijon 143, ce qui les place dans une situation de quasi égalité par rapport au potentiel de développement du cabotage.

On trouve aussi le phénomène de forte densité portuaire dans le cas des ports de Valence, Alicante et Carthagène, Valence est le port le mieux desservi par route vers Madrid et Barcelone, et de plus, on peut observer sur la (carte 8) qu'une autoroute directe vers Saragosse est prévue à l'horizon 2020, laquelle augmentera le potentiel de Valence pour développer le cabotage dans cette région et affirmera, peut-être la position de Valence comme le port de cabotage ibérique sur la Méditerranée. Dans ce cas, le port avec un potentiel moindre pour développer le cabotage est Alicante malgré sa position intermédiaire sur la façade. Dans ce cas, la situation n'est pas la même que pour le groupe des ports de Gijon, Santander et Bilbao, car l'orientation de la côte par rapport à la localisation des principales villes espagnoles n'est pas similaire. De plus, trois principales villes espagnoles se trouvent au nord de Valence. Comme on l'a vu au chapitre trois, la position des villes et le poids de leur population déterminent les flux routiers de marchandises dont le transfert est la source potentielle pour développer le cabotage (Cartes 11 et 12).

Un quatrième cas où on peut constater ce phénomène de forte concurrence due à la densité portuaire et aux communications routières est celui des ports de Gênes, La Spezia et Livourne. Dans ce groupe, le port de Gênes possède le plus grand potentiel pour développer le cabotage, il compte 194 liaisons compétitives, ce qui fait de lui, le port italien le mieux positionné pour développer le cabotage. Sa localisation est privilégiée car

il se situe au milieu de la Méditerranée, sur le continent et en même temps au nord de la péninsule italienne, ainsi qu'au milieu de l'axe NW-SE de l'Europe. Cette position fait du port de Gênes un vrai carrefour N-S et E-W du continent pour le développement du cabotage intra européen. Ce rôle du port de Gênes pourrait être réalisé par le port de La Spezia et éventuellement par Livourne car les distances entre ces trois ports sont minimales, mais la différence principale réside dans le nombre de connexions de Gênes au réseau routier, qui fait de ce port l'entrée maritime optimale et quasi exclusive pour des liaisons de cabotage avec les villes de l'Europe centrale et même avec des villes de l'Europe de l'Est. Le deuxième port par son potentiel pour le développement du cabotage dans ce groupe est Livourne, ce que nous nous expliquons par le fait qu'il profite d'une meilleure connexion routière que le port de La Spezia et aussi d'être plus proche des villes de Florence, Bologne et Rome.

Le même phénomène se présente sur la côte nord de la France dans le groupe du port de Cherbourg, Le Havre, Rouen et Dieppe. Dans ce groupe, bien que les trois ports concurrents du Havre et en particulier Cherbourg, aient des possibilités pour développer des liaisons compétitives de cabotage, le port du Havre peut facilement prendre la place du port de cabotage du nord de la France. Ses principaux avantages par rapport aux ports voisins sont la proximité de Paris, des nombreuses connexions routières et sa position intermédiaire sur la côte de la façade nord de la France, qui lui donne la possibilité de liaisons optimales plus nombreuses vers les destinations de l'Est et de l'Ouest par rapport à ses voisins (comme dans le cas de Santander).

Le sixième groupe de ports dans lequel on peut constater ce phénomène de concurrence due à la forte densité portuaire est celui des ports de Dunkerque, Zeebrugge, Anvers et Rotterdam. Ce groupe de 4 ports concentrés sur à peine 250 km de côte se distingue principalement par une équité des caractéristiques externes aux ports. Tous les ports possèdent une forte connexité au réseau routier, lequel est très densifié dans l'arrière-pays immédiat, ce qui est commun à l'ensemble des ports. La concurrence interportuaire, sans doute la plus forte du continent, est due à cette presque homogénéité des conditions géographiques, des connexions routières et d'arrière-pays. Les résultats de notre analyse reflètent cette équité d'opportunités pour le développement du cabotage entre les ports du groupe. Les quatre ports comptent avec plus de 75 liaisons potentielles de cabotage plus compétitives que l'alternative routière. Néanmoins, le port d'Anvers se

distingue comme le port avec le potentiel le plus important des ports du groupe, avec 276 liaisons de cabotage compétitives. Il nous semble que ce cas est le meilleur exemple que, à conditions de fonctionnement, d'équipement et de connexions routières similaires, la localisation d'un port joue le rôle le plus important dans sa compétitivité. La position d'Anvers est privilégiée, au cœur de la zone du Benelux, densément peuplée et dans une position intermédiaire entre la Hollande et la Belgique. Cette localisation fait d'Anvers, le port de cette région, avec le plus fort potentiel pour développer le cabotage.

### **5.2.2 Les ports insulaires**

Bien qu'il puisse paraître évident que l'insularité favorise nécessairement le cabotage puisque la communication des îles avec le continent doit se faire nécessairement par mer, les résultats montrent que le potentiel de liaisons de cabotage compétitives des ports insulaires n'est pas nécessairement très élevé, sauf dans les cas, où ils fonctionnent de manière quasi exclusive pour communiquer de l'île vers le continent, comme dans le cas de Dublin, Cagliari et Palerme. Mais dans le cas des ports britanniques, cet avantage d'insularité des ports disparaît. On voit réapparaître le phénomène de la forte densité portuaire, dans les ports du sud avec un arrière-pays immédiat densément peuplé, et qui possèdent le plus grand nombre de liaisons de cabotage compétitives.

En même temps, on peut constater que les ports au plus fort potentiel pour développer le cabotage, Plymouth, Southampton, Portsmouth et Felixtowe, sont localisés aux extrémités et au centre de la côte sud de l'Angleterre, ce que nous interprétons comme une distribution géographique homogène le long d'une côte avec les mêmes conditions de connectivité routière et de densité de la population dans l'arrière-pays immédiat, tel le cas des ports de Dunkerque, Zeebrugge, Anvers et Rotterdam. Avant l'analyse des données, nous pensions que les ports de Bristol, Liverpool et Glasgow se révéleraient comme des ports à fort potentiel pour le développement du cabotage grâce au phénomène de l'insularité et à la présence des villes importantes dans leur arrière-pays immédiat, mais cette supposition a été démentie par les résultats, ce que nous expliquons par le phénomène de forte densité portuaire.

### **5.2.3 Les ports exclusifs d'une zone côtière**

Ce sont des ports uniques sur une zone côtière ou suffisamment distants entre eux pour être en concurrence pour le développement des mêmes liaisons de cabotage. Dans ce cas nous trouvons des ports comme Lisbonne, Algeiras, Bordeaux, Nantes, Naples, Rostock et Gdansk. Les ports de cette catégorie sont séparés des autres ports concurrents potentiels, d'au moins 300 km comme c'est le cas de Lisbonne. Le facteur d'exclusivité devrait être toujours favorable au développement du cabotage. Cette supposition est confirmée par les résultats de l'analyse des liaisons potentielles, à condition que les ports comptent des villes importantes dans leur arrière-pays immédiat comme Lisbonne, ou bien, qu'ils comptent avec des grands arrière-pays quasi exclusifs comme dans le cas d'Algeiras, Rostock et Gdansk.

Les ports de Nantes et de Bordeaux se trouvent dans le cas particulier de cette catégorie. Ils possèdent un avantage supplémentaire, ils peuvent éviter le franchissement routier des Pyrénées avec un trajet routier dont la distance est accrue à cause du contournement du golf de Gascogne, près de 700 km par route entre Nantes et Santander et seulement 450 km par mer. Cette localisation donne au port de Nantes le potentiel pour devenir le port de cabotage français sur la façade atlantique.

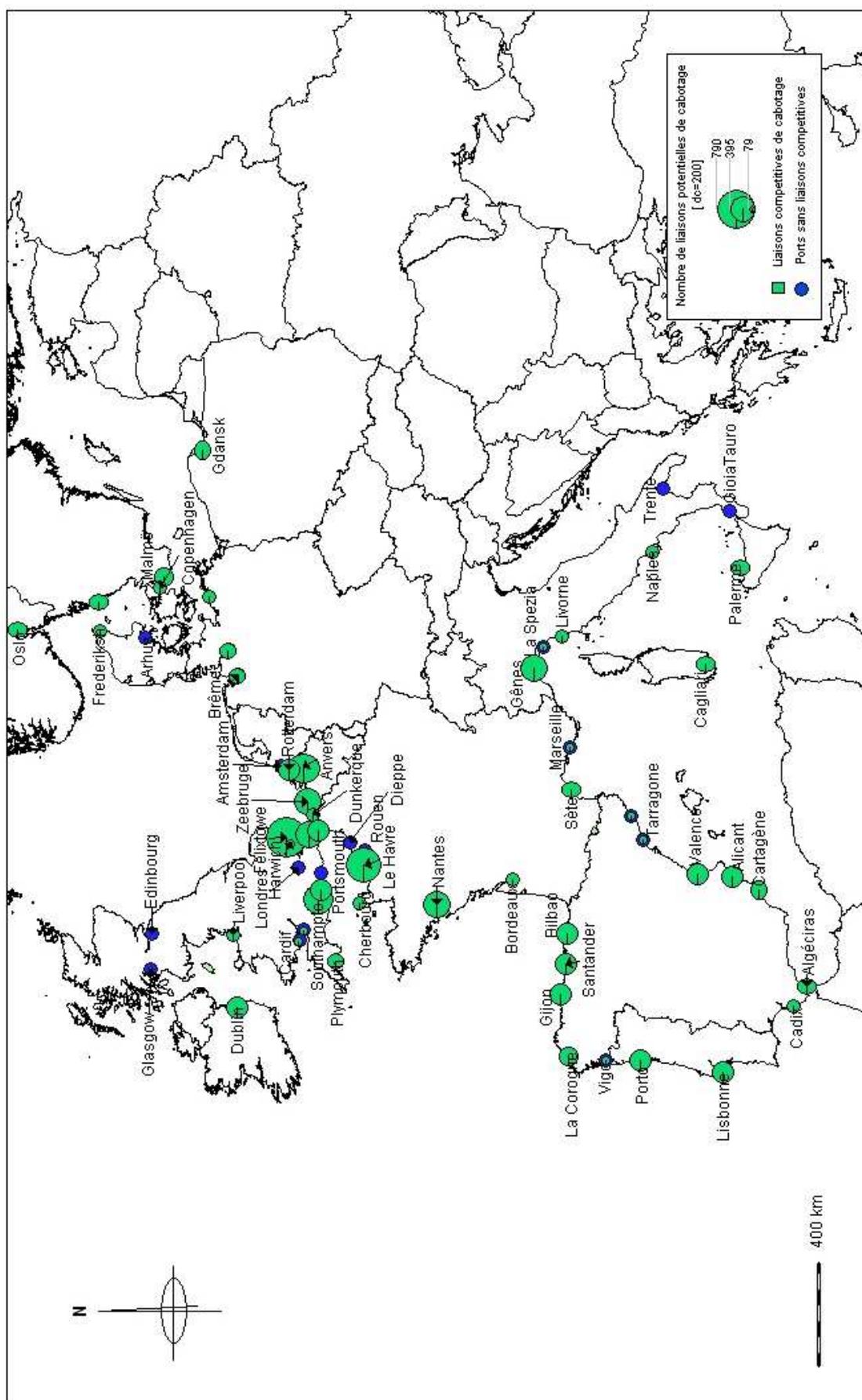
### **5.2.4 Les couples de ports exclusifs sur une zone côtière**

Nous trouvons cinq couples de ports dans cette catégorie : Cadix et Algeiras, Tarragone et Barcelone, Sète et Marseille, Portsmouth et Southampton et Brême et Hambourg. Ces ports sont très proches entre eux, séparés par 140 km au maximum dans le cas de Marseille et Sète. Nous pouvons observer deux comportements différents. Le premier cas où les deux ports comptent à peu près les mêmes liaisons potentielles pour développer le cabotage. Ce qui signifie qu'un des ports pourrait absorber éventuellement la totalité de la demande potentielle de cabotage dans la zone côtière correspondante, comme dans le cas de Hambourg et Brême, Tarragone et Barcelone et celui Portsmouth et Southampton.

Dans le deuxième cas, un des ports possède nettement plus de liaisons de cabotage compétitives. Nous attribuons ce phénomène uniquement au fait d'une localisation géographique légèrement plus avantageuse, mais qui permet à un de deux ports d'absorber une partie importante des liaisons compétitives du deuxième port comme dans le cas de Sète avec 104 liaisons compétitives et de Marseille avec seulement 46. Nous expliquons cette différence de potentiel du développement du cabotage par la localisation plus centrale de Sète sur la côte méditerranéenne entre l'Italie et l'Espagne, ce qui permet des liaisons avec une composante plus importante de cabotage dans le sens Est - Ouest. Un autre exemple qui nous semble pertinent est celui d'Amsterdam et de Rotterdam, exemple qui a été exposé quand nous avons évoqué les ports dans des zones de forte densité portuaire. Le cas de ce couple de ports est en effet une superposition de deux phénomènes.

Par la suite, nous analyserons les ports en fonction de leur potentiel de développement des liaisons de cabotage. Une classification est nécessaire pour identifier les ports avec un plus grand potentiel, afin de déterminer les escales les plus appropriées pour des lignes que nous proposerons au sous-chapitre (5.4).

Carte 14. Potentiel portuaire de liaisons de cabotage plus compétitives que le transport routier



© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

### **5.3 Classification des ports en fonction de leur potentiel de développement des liaisons de cabotage compétitives**

Pour pouvoir identifier les lignes à fort potentiel de transfert de fret routier, nous procéderons d'abord à une hiérarchisation des ports en fonction du nombre de leurs liaisons compétitives. Nous nous baserons sur l'idée de relier par des lignes de cabotage, les ports qui se trouvent au même niveau hiérarchique de potentiel de cabotage, pour ensuite proposer des services différenciés pour chaque type de ports, en fonction du niveau de potentiel. Nous avons défini quatre niveaux de potentiel des ports : faible, acceptable, attractif et fort. Les ports de faible potentiel comptent moins de 25 liaisons compétitives, les ports de potentiel acceptable comptent entre 25 et 75 et les ports à fort potentiel avec plus de 75. Dans le dernier groupe, on distingue deux catégories : ceux qui comptent entre 75 et 150 liaisons de cabotage compétitives et ceux qui comptent avec plus de 150 liaisons. Nous avons établi cette distinction en raison des services de cabotage que nous proposons dans le sous-chapitre 5.4. Dans un premier temps, nous ferons le classement des ports et nous proposerons ensuite les lignes pertinentes.

#### **5.3.1 Les ports à faible potentiel de développement des liaisons de cabotage**

Il s'agit des ports avec un nombre minimal de liaisons compétitives selon les résultats de l'analyse. Dans cette hiérarchie de potentiel, nous trouvons les ports d'Amsterdam, Glasgow, Edinburgh et Arhus, résultat qui nous a étonné tout particulièrement dans le cas d'Amsterdam. Nous attribuons ce manque de potentiel pour le développement du cabotage à deux facteurs. Le premier est la difficulté relative pour les navires d'entrer et de sortir du port : en effet le canal « IJ-Geul » de 30 km qui fait communiquer le port avec la Mer du Nord, constitue un désavantage comparatif pour le port. D'autre part, la proximité du port de Rotterdam nous semble être le principal désavantage d'Amsterdam, car Rotterdam est le port optimal pour les mêmes destinations vers l'ouest avec une économie de 50 km de navigation et en ayant pratiquement les mêmes distances vers les villes intérieures.

Dans le cas de Glasgow et Edinburgh nous nous expliquons ce manque de potentiel pour le développement du cabotage par un arrière-pays restreint, limité à l'Ecosse, ainsi qu'à une forte concurrence pour la desserte de cet arrière-pays due à la forte densité

portuaire des côtes écossaises et anglaises. Dans cette zone du Royaume Uni, le port de Liverpool devient un pôle de concentration avec un potentiel plus grand pour développer les liaisons de cabotage vers les destinations continentales. Pour appuyer notre conclusion, nous avons analysé les alternatives de liaisons de cabotage entre Glasgow et Le Havre, et les résultats confirment notre argument. (Annexe 6)

Dans le cas du port d'Arhus nous attribuons ce manque de potentiel pour développer le cabotage, au fait de la proximité de ports plus concurrentiels. En effet, Arhus est localisé au milieu de ports qui pourraient réaliser les liaisons de cabotage vers l'ouest en économisant 190 km de navigation vers le nord du détroit de Kattegat et 300 km vers le sud en gagnant la Mer du Nord via le canal de Kiel. Sa position géographique explique que les ports de Frederikshavn et Hambourg soient plus concurrentiels pour développer les liaisons potentielles qu'Arhus. Nous avons vérifié cette conclusion en analysant les alternatives de liaisons de cabotage entre Arhus et Santander. (Annexe 6)

### **5.3.2 Les ports à potentiel acceptable pour développer des liaisons de cabotage maritime**

Il existe 16 ports dans notre échantillon de 57 pour lesquels le potentiel de développement des liaisons de cabotage compétitives avec le transport routier est acceptable, de 25 à 75 liaisons de cabotage compétitives selon les résultats de l'analyse. Néanmoins, il faut remarquer que ces ports pourraient éventuellement développer une ou plusieurs de leurs liaisons si d'autres conditions particulières, favorables au développement du cabotage existaient dans leurs arrière-pays, par exemple : des zones de production importantes, une concentration de la population ou des besoins spécifiques comme dans le cas de ports insulaires. Pour ce groupe de ports, bien que les opportunités ne soient pas nombreuses, elles existent, et le potentiel de transfert de fret routier peut être très important pour certaines liaisons qu'on identifiera plus tard.

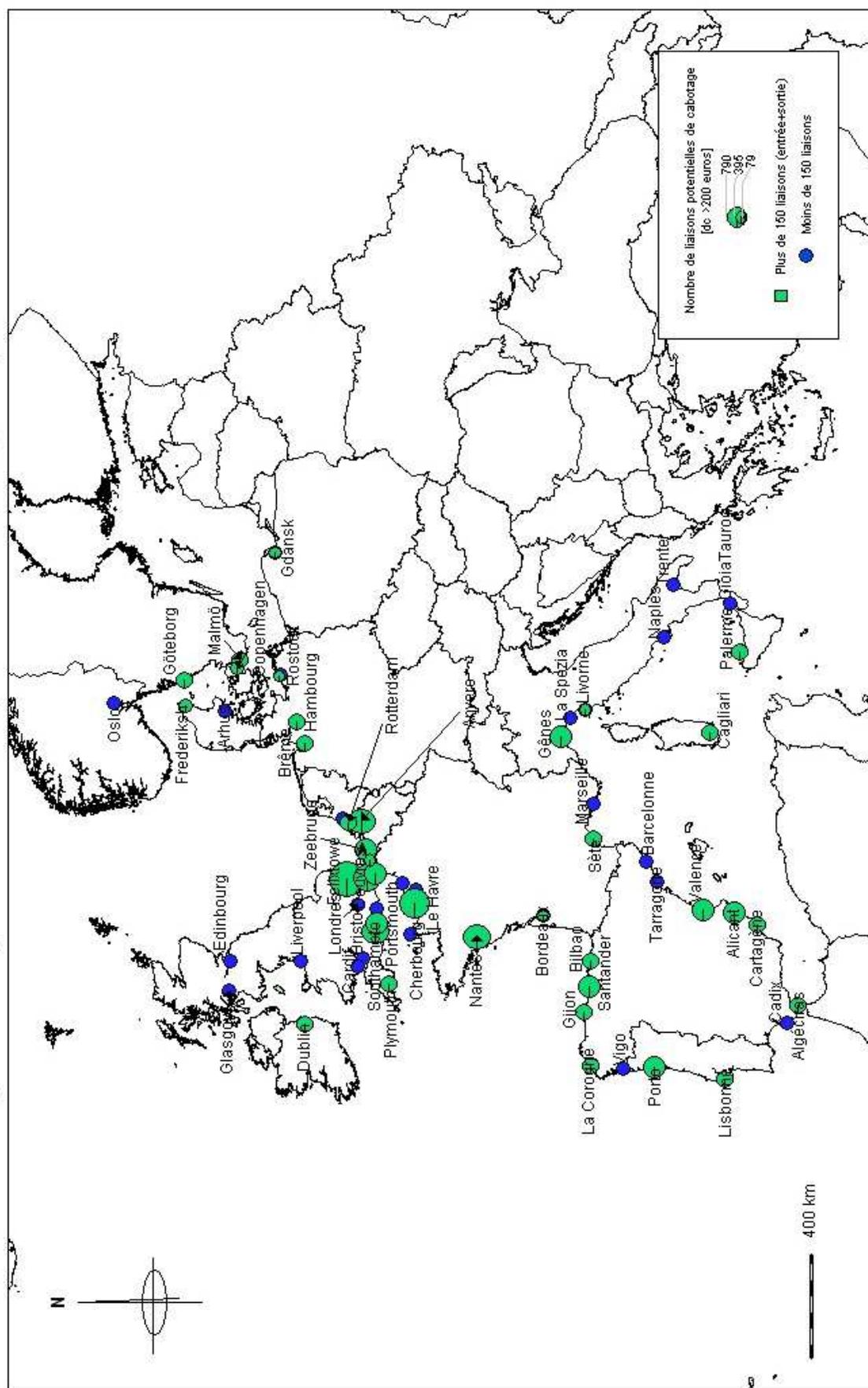
### **5.3.3 Les ports à fort potentiel pour développer des liaisons de cabotage**

Il existe 38 ports de l'échantillon avec un potentiel de plus de 75 liaisons compétitives de cabotage soit pour la totalité du trajet entre villes portuaires, soit pour des trajets combinés « mer-route » entre villes portuaires et villes intérieures, soit entre

couples de villes intérieures. Dans ce groupe, on peut apprécier les types de ports décrits en 5.2 et les phénomènes qui provoquent leur différenciation de façon plus nette. Parmi les 38 ports à fort potentiel, il existe 12 ports avec un potentiel de plus de 150 liaisons compétitives de cabotage détectées. Quand on observe la distribution sur le continent de ces 12 ports, il est évident que le facteur géographique qui est représenté dans notre analyse par le biais des distances, est un des facteurs les plus déterminants du potentiel d'un port pour développer le cabotage. Les cas de Nantes, Bordeaux, Sète, Lisbonne, La Corogne, Algesiras, Alicante, Carthagène, Naples, Liverpool et Plymouth, en sont la preuve. Ces ports ne profitent pas nécessairement d'arrière-pays fortement peuplés, générateurs de trafic, mais ils sont localisés de façon à permettre un grand nombre des liaisons avec des fortes composantes de cabotage.

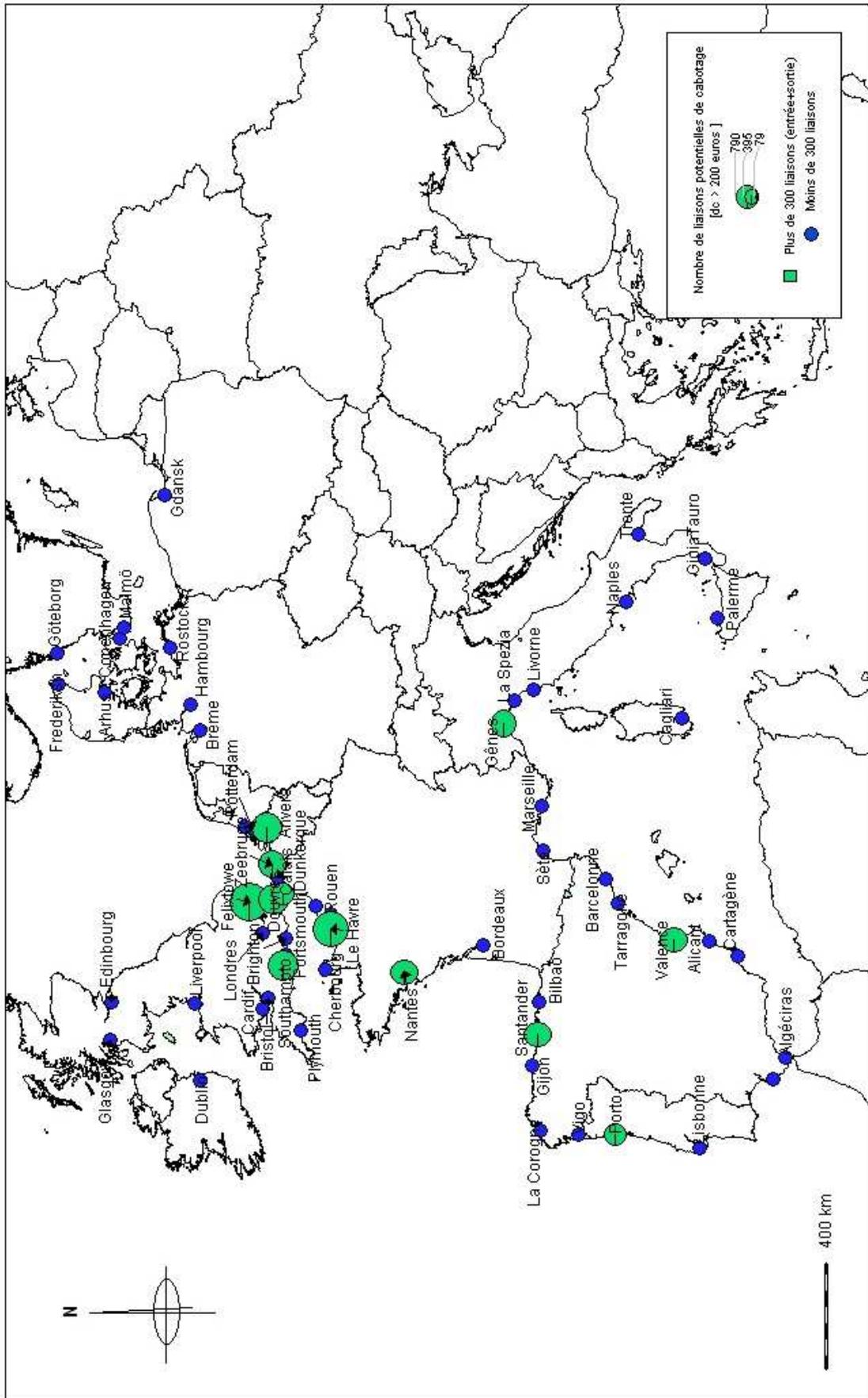
D'autre part, il est évident qu'une localisation géographique optimale par rapport à l'espace, est un facteur nécessaire mais non suffisant pour la réussite commerciale des lignes de cabotage. Il faudrait un volume minimal de fret transporté pour que la ligne soit viable. Nous aborderons cette condition au sous-chapitre 5.4. Maintenant, nous présentons deux cartes, qui montrent les ports à fort potentiel pour le développement du cabotage. On peut dire que théoriquement, les lignes reliant ces ports, ont ou auront de fortes possibilités de réussite commerciale, car tout simplement, ce potentiel est issu de la comparaison directe des coûts de transport, qui est le critère de choix décisif pour les chargeurs (2.3.2). Rappelons que 200 €, est le seuil minimal d'économie de coût sur un trajet de bout en bout pour considérer une liaison de cabotage comme compétitive par rapport à l'alternative entièrement routière.

Carte 15. Ports avec un potentiel de plus de 75 liaisons portuaires de cabotage compétitives



© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

Carte 16. Ports avec un potentiel de plus de 150 liaisons portuaires de cabotage compétitives



© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

## **5.4 Identification des lignes de cabotage adaptées aux potentiels des ports et aux flux de fret routier**

Dans ce sous-chapitre nous proposons les lignes de cabotage qui nous semblent pertinentes pour un premier investissement, visant à améliorer les conditions des lignes actuelles ou bien le démarrage de services modernes de cabotage, adaptés à la concurrence actuelle. Après avoir déterminé les ports ayant le meilleur potentiel pour développer des liaisons compétitives, nous décrivons les services qui pourraient donner une nouvelle impulsion à l'activité du cabotage en modifiant son organisation et son fonctionnement actuels.

### **5.4.1 Proposition de lignes directes entre ports (shuttle service)**

Comme nous avons vu au sous-chapitre (2.3.2) le principal avantage du transport routier autre que sa souplesse pour la desserte, c'est la rapidité du transport par rapport aux autres modes, à l'exception du transport aérien. Aujourd'hui, le cabotage est en général un mode de transport inefficace, à cause de divers facteurs analysés au chapitre 2, voir (Fig.26), parmi lesquels nous trouvons : le besoin de stockage dans la zone portuaire, le manque d'efficacité portuaire, le manque d'organisation intégrée des activités de cabotage et la mauvaise intégration dans les chaînes multimodales de transport. D'autre part, on peut apprécier dans les résultats de l'analyse, que de multiples liaisons peuvent être effectuées dans des délais raisonnables, très proches des délais de l'alternative entièrement routière, et même dans certains cas, les liaisons de cabotage peuvent être plus rapides comme dans la liaison « Santander - Nantes » ou « Valence - Gênes » par exemple. Pour d'autres liaisons, si on déduit de façon hypothétique, les délais de passage portuaire, pris en compte comme deux passages de huit heures chacun, nous obtenons des délais similaires à l'option de transport entièrement routier. Nous pouvons donc dire que, si on minimise le délai de passage portuaire, on peut s'attaquer de fond au facteur qui défavorise le plus le cabotage dans la concurrence modale. Le délai de transport et le manque d'assurance du respect du délai annoncé, sont de notre point de vue les principaux problèmes du cabotage, car le facteur de « moindre coût de transport » le favorise nettement, par rapport au transport routier.

Avec le mode de fonctionnement actuel des lignes de cabotage, le navire suit un circuit de plusieurs ports où il va charger et décharger des conteneurs et même attendre dans le port jusqu'à charger un minimum de marchandises. Le délai de transport s'alourdit et les délais pour atteindre les autres ports du circuit, deviennent incertains. Si on considère le temps investi pour toucher chaque port, augmenté du temps de manutention, du temps d'attente de la marchandise, le transport d'un conteneur entre Rotterdam et Porto peut prendre deux ou trois semaines et la date d'arrivée du conteneur à la destination finale restera incertaine. Pour cette raison, le cabotage de marchandises conteneurisables perd de plus en plus de terrain face à l'alternative du transport entièrement routier. Pour remédier à cette faiblesse d'efficacité du cabotage, nous considérons comme solution possible, la mise en place des lignes directes « aller – retour » entre les mêmes ports de manière régulière, à l'image des services « Ferry ». Effectivement, plusieurs services « Ferry » existent déjà et l'idée n'est pas complètement nouvelle, mais nous proposons des services aller – retour, dédiés au transport de marchandises conteneurisées, dans la modalité de navires de manutention verticale « Lo-Lo » et aussi dans la modalité des navires pour le transport de véhicules roulants « Ro-Ro », qui seront dédiés au transport de poids lourds (on pourrait parler de « mer-routage »). Une autre différence consiste en ce que les lignes de « Ferry » qui existent actuellement, effectuent principalement des services entre les îles comme entre l'Irlande et les îles britanniques, entre les îles et le continent comme les lignes sur la Manche, et quelques unes, réalisent des circuits de cabotage continental en Méditerranée, mais ils ne sont pas directs, car ils effectuent des circuits qui touchent trois ou quatre ports continentaux ainsi que la Sicile, La Sardaigne et/ou la Corse.

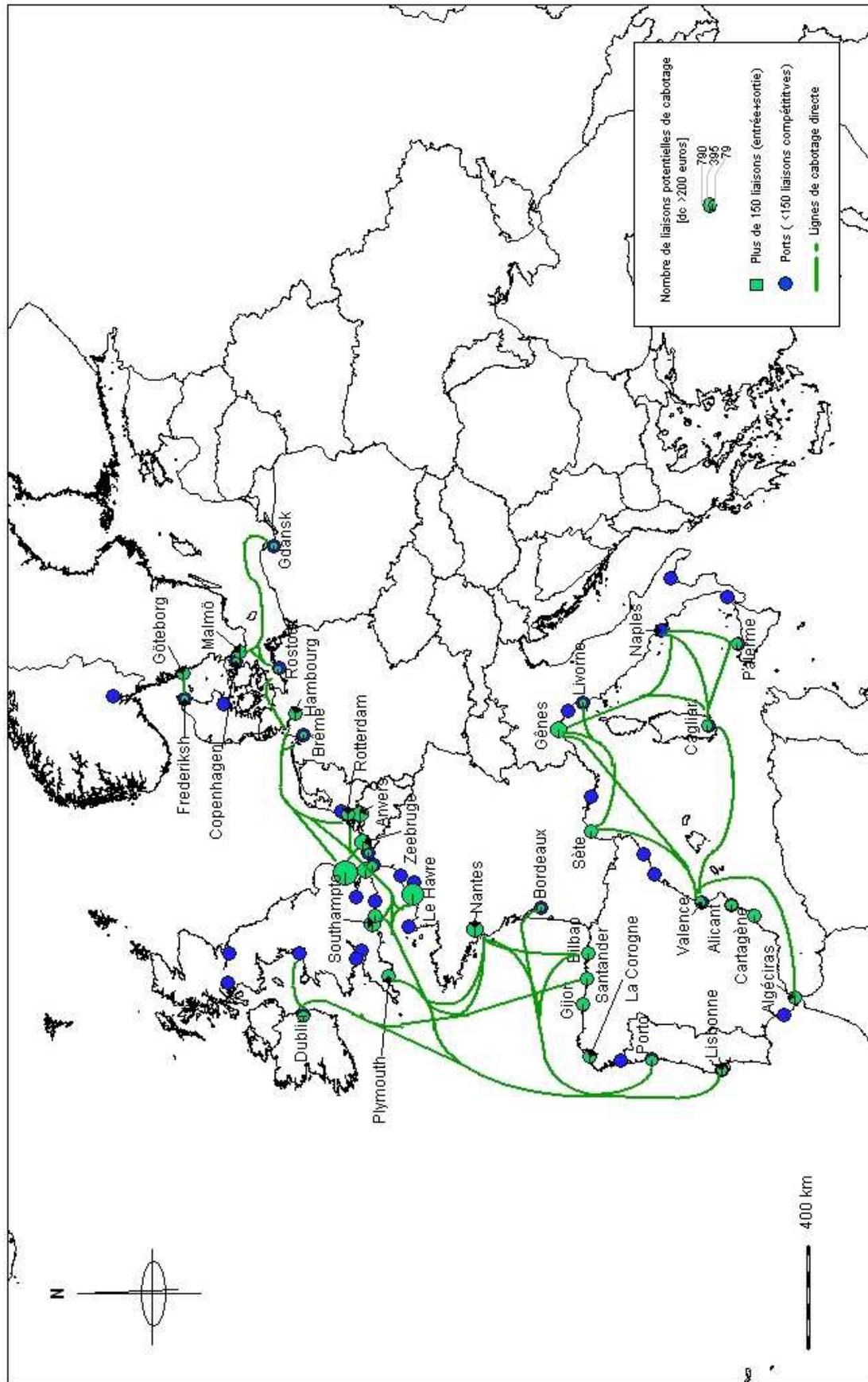
L'idée est de répandre ce type de services aller-retour à la totalité du continent, entre couples de ports à fort potentiel de cabotage, situés près des axes principaux de circulation des flux routiers de marchandises (Voir sous-chapitre 3.4.3, Cartes 11 et 12). D'après les résultats de l'analyse, toutes les liaisons directes entre ports de ce groupe sont compétitives, et le flux de marchandises par route existe et progresse sans cesse (Fig.17). Si les lignes de cabotage entre couples de ports que nous proposons sont compétitives, et comptent avec une grande demande potentielle, il suffit de promouvoir leur implantation et de faire connaître ce nouveau type de services. Il est indubitable que le démarrage de ce type de lignes ne peut être facile, car l'image actuelle du cabotage est assez détériorée.

C'est précisément pour cette raison que seul, un nouveau type de services rapides et directs, peut changer l'image et l'absence d'efficacité du cabotage.

Si on arrive à réduire le délai de passage portuaire tout en assurant le respect des délais de transport annoncés aux chargeurs, et compte tenu des possibles économies pour celui-ci, la balance de la répartition modale finira pour pencher du côté du cabotage, et le transfert modal tant attendu pourrait avoir lieu. Il est vrai que dans plusieurs cas de desserte, le transport de cabotage ou le transport combiné « mer - route », ne peut réduire ses délais, jusqu'à les rendre comparables au transport entièrement routier. Mais il existe néanmoins une possibilité de transfert, dans ces cas, compte tenu des possibles économies, si les délais annoncés pour les services de cabotage sont respectés et les services se réalisent avec périodicité, contrairement à la réalité actuelle. Ainsi, nous proposons des services de cabotage aller-retour pour un même couple de ports, réguliers et exclusifs, pour la marchandise conteneurisée sur des navires « Lo-Lo » et pour les poids lourds sur des navires Ro-Ro.

Compte tenu que ce type de lignes directes cherchent à transférer des trafics routiers qui sont normalement réalisables sur une journée (12 h), nous considérons que les ports les plus appropriés pour établir ces lignes directes, sont les ports à fort potentiel de cabotage qui comptent entre 75 et 150 liaisons de cabotage compétitives. Les ports qui se trouvent dans ce sous-groupe, ont entre eux des distances de navigation mineures de 300 nm (Valence-Sète), c'est-à-dire, des distances qui peuvent être parcourues par un navire, à vitesse moyenne de 20 nœuds, en 15 heures. Le délai qui pourrait générer des liaisons de cabotage directes, compétitives avec les dessertes purement routières au niveau du temps.

Carte 17. Lignes maritimes directes de cabotage à grand potentiel de transfert de fret routier



© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

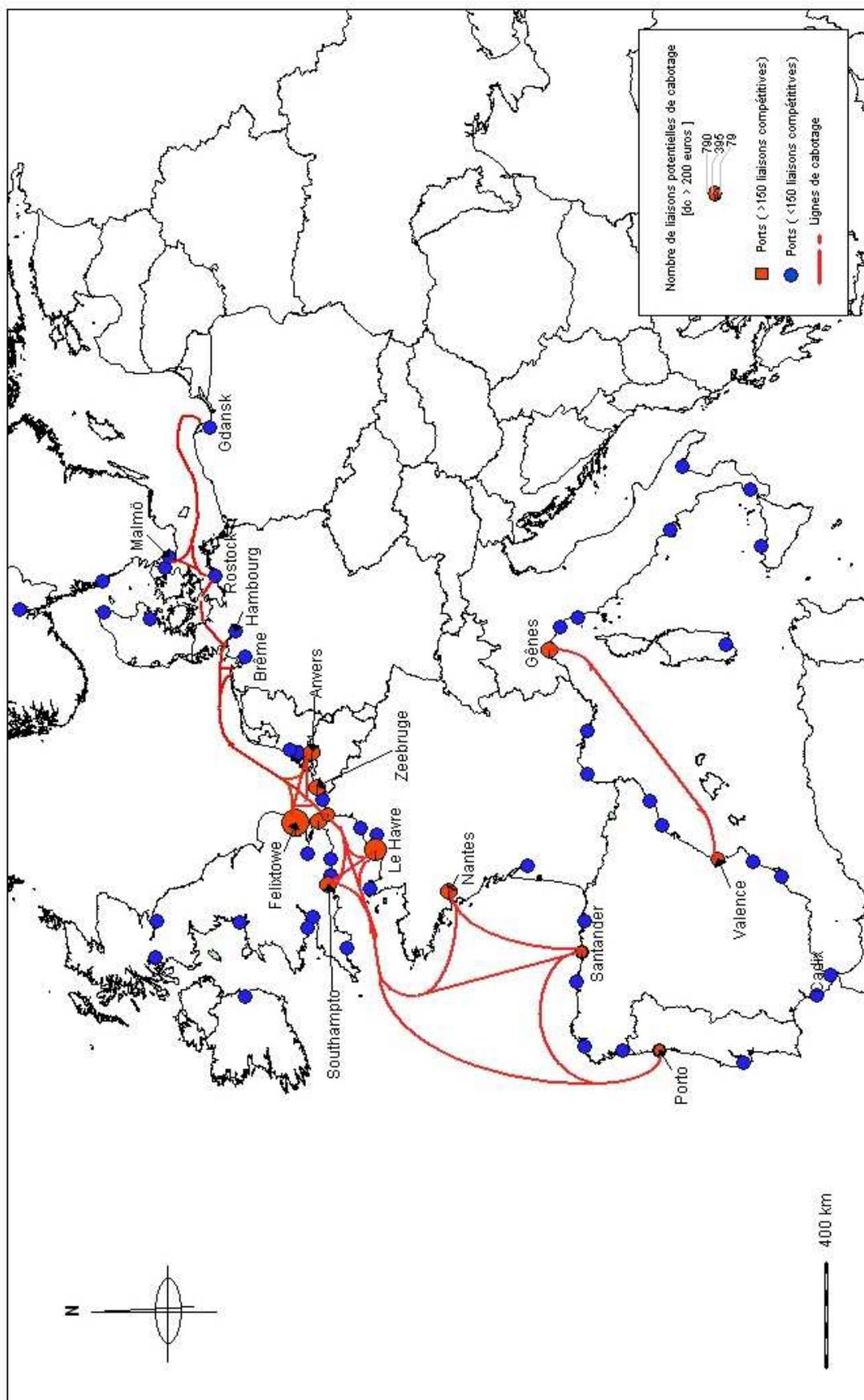
#### **5.4.2 Proposition de lignes multi-escales pour les ports à fort potentiel de cabotage**

Les lignes multi-escales que nous proposons, suivent le fonctionnement actuel des lignes de cabotage ; l'idée est de suivre un circuit des ports où le navire charge et décharge les marchandises. Les changements par rapport aux lignes actuelles, ce sont les circuits que nous proposons sur la base des résultats de l'analyse de liaisons compétitives de cabotage. Nous identifions comme circuits les plus appropriés pour ce type de lignes, ceux qui résultent de relier les ports à fort potentiel de développement du cabotage, dans le sous-groupe des ports qui comptent plus de 150 liaisons compétitives. Nous avons choisi ce groupe pour ce type de service car il s'agit d'une dizaine de ports, distribués presque de façon homogène dans l'espace d'étude. Ils comptent sur un très fort potentiel pour développer le cabotage et les distances entre eux, vont de 244 nm (Le Havre-Anvers) à 510 nm (Gênes-Valence). Ces distances maritimes peuvent être parcourues entre 12 et 26 heures par un navire à une vitesse moyenne de 20 nœuds.

Un navire peut donc faire le tour de l'Europe : Hambourg - Anvers - Le Havre - Santander - Porto - Valence - Gênes en une semaine et repartir pour compléter la boucle Hambourg - Gênes - Hambourg en deux semaines. Il nous semble que des services réguliers pourraient avoir un succès commercial si la condition du délai est respectée. Même si, dans ce cas de fonctionnement classique, le cabotage ne peut pas être compétitif au niveau délais de transport face à la route, les économies réalisées par les chargeurs feront pencher la balance du choix modal vers les liaisons à fort composante de cabotage. Il faut remarquer, que pour des distances plus grandes entre les points d'origine et de destination, le cabotage offre plus d'économies. En moyenne, pour des trajets routiers de 2000 km ou plus, l'alternative routière devient 350€ plus chère que l'alternative combinée « maritime - routière ». Mais pour réussir à attirer des trafics pour lesquels les délais de transport ne sont pas prioritaires, il faudrait impérativement respecter les dates d'escale et les temps estimés de séjour dans les ports. Aucun retard ou changement de date d'escale ne peuvent être tolérés si l'on veut changer la mauvaise renommée du cabotage auprès des chargeurs.

Pour pouvoir respecter les délais des itinéraires de cabotage que nous appelons « Tour d'Europe », il est impératif aussi d'éviter dans les ports, les délais de séjour qui échappent aux armateurs et au fonctionnement de navires caboteurs. Tous les délais portuaires d'escales des navires caboteurs doivent être diminués et cette diminution doit être considérée comme une priorité des ports. Il faut se souvenir qu'actuellement, les navires caboteurs sont fortement pénalisés dans les ports afin de donner la priorité aux navires transocéaniques, comme on l'a largement exposé au sous-chapitre (2.6). Nous reviendrons sur ce sujet de facilitation du passage portuaire, quand nous exposerons nos propositions finales pour développer le cabotage en Europe (5.5).

Carte 18. Lignes maritimes de cabotage à grand potentiel de transfert de fret routier



© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

### 5.4.3 Scénario de transfert potentiel de 30% du fret routier

Bien que le cabotage, direct ou combiné, soit compétitif par rapport au transport routier sur plusieurs liaisons en Europe, réussir le transfert modal n'est pas réellement facile. Une multitude d'obstacles s'oppose au développement du cabotage dans la vie quotidienne des transports. En dehors des problèmes techniques, organisationnels et fonctionnels du mode, et au-delà des problèmes liés au passage portuaire, le développement du cabotage dépend aussi de son aptitude à rompre la synergie créée autour de lui et du transport routier principalement. Pour ces raisons, une estimation du transfert de fret de la route vers la mer, devient une tâche difficile, pour laquelle les variables d'analyse sont de différentes natures. Comment évaluer le point de rupture entre la préférence du transport routier et celle du transport de cabotage ? Quel peut être le critère de décision attribuable à l'ensemble des chargeurs d'un continent ? Le coût et le délai de transport sont les plus importants comme on l'a déjà exposé, mais, ils ne sont pas les seuls. Alors, comment établir un potentiel de transfert ? Mais, établir un potentiel de transfert n'est pas simple et nécessite des études spéciales pour obtenir des résultats avec un degré acceptable d'approximation.

Nous considérons, que la meilleure voie pour pouvoir établir un potentiel de transfert proche de la réalité, ne devra pas se baser exclusivement sur des postulats économiques théoriques. Il devra se baser principalement sur des analyses d'enquête, afin de se sensibiliser avec l'importance pour les chargeurs de chacune des variables de choix modal qu'on a identifiées au sous-chapitre (2.3.2), et leur poids individuel relatif par rapport aux reste des variables. Les résultats d'une étude de ce genre permettront, par exemple, la détermination des points de modification de la préférence par rapport à la tendance de choix modal déjà établi, ou bien, des évaluations monétaires du temps d'attente de la marchandise pour les différents chargeurs, afin de déterminer, les tarifs maximaux à pratiquer, pour que le cabotage puisse attirer le trafic actuellement transporté par route. Enfin, des scénarios de transfert avec des contraintes bien précises seront possibles sur la base de ce type d'étude. Malheureusement, des travaux dans ce sens n'ont jamais été menés à grande échelle et encore moins orientés vers notre sujet.

Le développement d'une étude de telle nature n'est pas l'objectif de notre travail de thèse, mais il nous semble important de le mentionner, car il constitue une ligne possible de continuité de notre recherche qui pourrait être bénéfique à la modélisation du choix modal. D'autre part, nous avons besoin d'une estimation de transfert pour pouvoir établir un possible scénario de transfert modal de fret, et des implications éventuelles pour le transport maritime de cabotage en termes de demande. Nous effectuerons donc une estimation de transfert qui, bien que n'étant pas l'issue d'une analyse approfondie, pourrait nous permettre d'avoir une première idée des volumes de trafic que le cabotage pourrait absorber. Pour construire ce scénario, nous supposons que les 30 % du volume de fret routier qui est transporté entre les villes de notre échantillon (3.4.3) est transféré vers la mer, sur les lignes compétitives de cabotage, définies par les résultats de notre analyse de chaînes les plus courtes (5.1 et 5.2). De cette manière, nous attribuerons des volumes de fret à chaque ligne de cabotage compétitive détectée, par rapport au potentiel de développement des liaisons de cabotage de chaque port touché par la ligne.

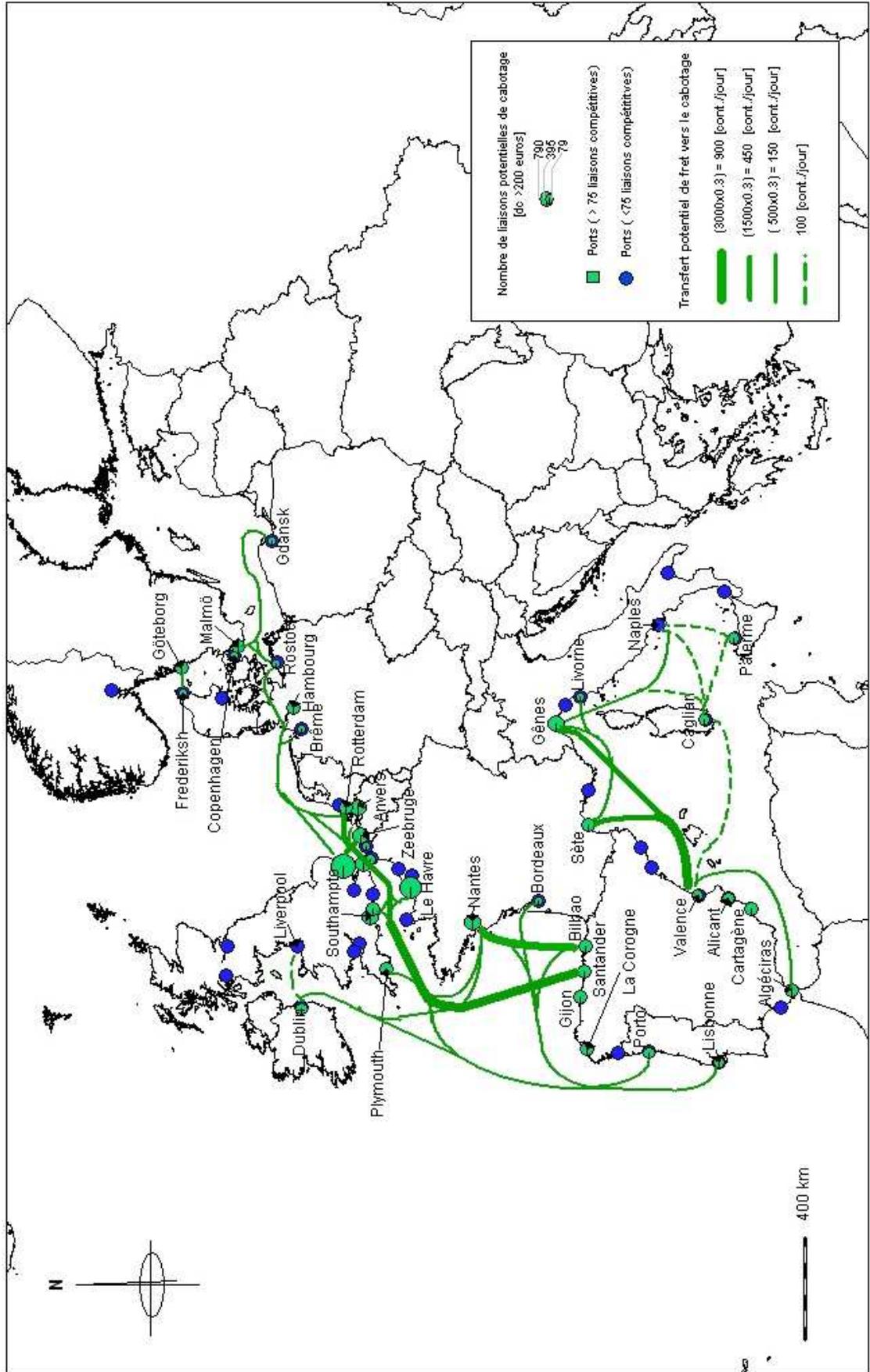
Nous avons ainsi construit deux scénarios, le premier où l'on attribue les 30% du transfert routier aux lignes courtes (5.4.1), pour lesquelles nous avons conseillé des lignes directes (aller-retour) et un deuxième où on attribue les 30 % du transfert aux lignes de cabotage classique qui touchent une série des ports. Le taux de transfert de 30 % a été défini de façon arbitraire car nous n'avons pas tous les éléments pour estimer ce transfert comme nous l'avons déjà expliqué. Le but de ces scénarios est donc de donner une première vision sur le volume possible et sur la distribution géographique des flux de cabotage que le transfert de fret serait susceptible d'induire. Le volume du transfert est estimé comme les 30 % du fret total de PL recensé par l'enquête de transit de 1999, où les trafics atteignent presque les 6000 PL/jour traversant les passages de Perthus et de Biriadou et de presque 3000 PL/jour, traversant les passages de Vintimille (3.4 .1). Nous nous sommes basé sur ces données pour attribuer les volumes au scénario, car on a utilisé les données désagrégées de cette enquête tout au long de cette thèse, ainsi nous restons plutôt conservateurs par rapport à l'estimation des volumes de transfert.

L'enquête de transit de 2004, montre l'augmentation de ces volumes. Elle a recensé près 40 millions de tonnes/an transitant par le passage du Perthus, 40 millions transitant par le passage de Biriadou et près de 20 millions transitant par Vintimille. Ceci, signifie un trafic de 7300 PL/jour pour les passages du Perthus et Biriadou et de 3650 PL/jour pour le

passage de Vintimille, si on considère la charge moyenne de 15 ton/PL. (Voir carte 3). Finalement, pour attribuer les volumes aux lignes et obtenir les flux, nous avons affecté à chaque ligne de cabotage compétitive détectée les volumes de fret routier correspondants aux trafics routiers entre les couples de villes, pour lesquelles l'analyse des chaînes avait démontré qu'une combinaison de transport « mer-route » est plus compétitive que le transport routier. Ainsi nous avons construit un scénario de transfert de fret routier vers les lignes de cabotage. Bien qu'il ne soit basé que sur une supposition du transfert, il expose de manière claire, l'ordre de grandeur du possible transfert et la distribution géographique des flux qu'il pourrait générer.

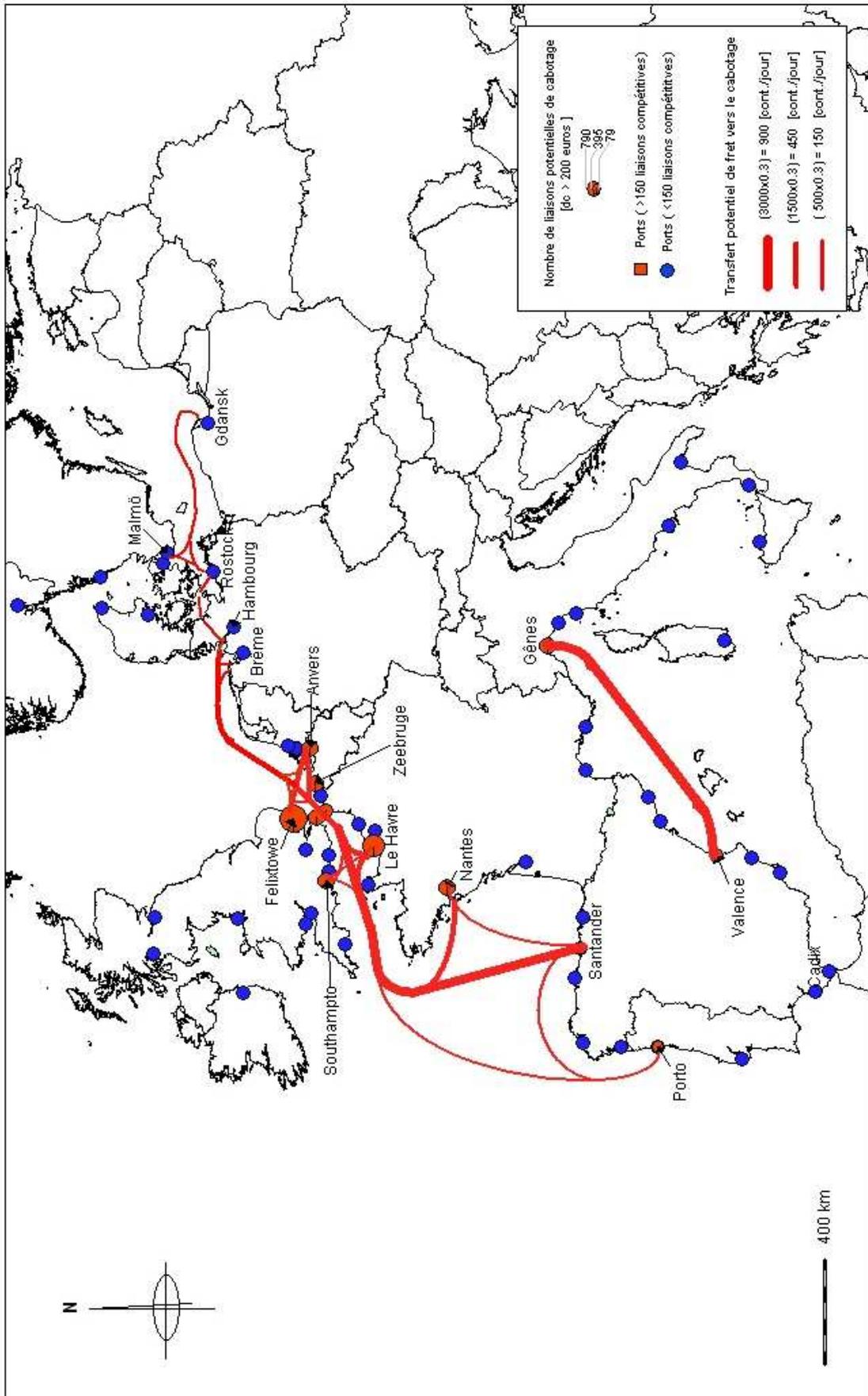
Pour poursuivre avec l'idée de services différenciés de lignes directes de cabotage exposées auparavant (5.4.1) et des lignes « classiques » multi – escales, nous avons construit deux scénarios pour le même transfert des 30% du fret routier. Le premier scénario montre les flux de lignes directes pour lesquels les distances maritimes entre les ports touchés sont plus courtes (300nm) en moyenne. Le deuxième scénario montre les flux des lignes classiques. Un scénario ou l'autre ne nous semble pas ou plus possible ou plus souhaitable. En fait, indépendamment de la mise en place de services différenciés proposés, si les conditions du transfert dont on a parlé sont remplies, le transfert se fera en réalité comme une superposition de deux scénarios. Certes, les volumes des flux pourront toujours varier, mais la distribution dans l'espace devrait ressembler à celle qu'on a obtenue, et les ordres de grandeur seront proportionnels.

Carte 19. Potential de transfert de fret routier vers les lignes directes de cabotage identifiées (30% du trafic routier)



H.Martell, C.I.R.T.A.I., U.M.R. 6063, C.N.R.S. Université du Havre, 2006

Carte 20. Potentiel de transfert de fret routier vers les lignes de cabotage identifiées (30% du trafic routier)



## **5.5 Propositions pour développer le cabotage et atteindre l'objectif de transfert modal de la route vers la mer**

Nous avons décrit au sous-chapitre (2.6) les causes structurelles de différentes natures qui provoquent l'inefficience du transport maritime de cabotage. On avait identifié comme obstacles principaux au développement du cabotage : le manque d'intégration aux autres modes de transport terrestre, le manque de régularité des services, la faible performance des navires, les contraintes de prix, les barrières administratives, le problème d'image, les droits de port et la durée des opérations portuaires. Nous considérons que les grands axes de solution des problèmes structurels du cabotage sont :

- 1. Réduire les délais portuaires ;**
- 2. regagner l'attractivité auprès des chargeurs ;**
- 3. augmenter l'efficacité des navires.**

Réduire les délais portuaires est le principal défi pour pouvoir développer le cabotage. Le coût du transport de cabotage est nettement compétitif par rapport à l'alternative de transport entièrement routier. Mais, en ce qui concerne le temps de trajet ou le délai de transport, le mode routier est plus avantageux. Si on considère la moyenne optimiste de 8 heures/passage portuaire d'un conteneur du port de départ et au port d'arrivée, nous avons un délai de 16 heures à cause du passage portuaire. Ce temps de passage équivaut à 320 nm de trajet d'un navire à vitesse moyenne de 20 nœuds, c'est-à-dire, qu'un navire pourrait naviguer de Hambourg à Rotterdam ou d'Algerias à Lisbonne dans le même délai. Plus la distance de navigation est grande, moins l'importance du temps de passage portuaire dans le délai total d'une desserte de cabotage l'est. Mais si on considère un cas extrême par rapport à notre espace d'étude, par exemple la desserte Porto – Hambourg (60 heures de navigation sans escale), le délai des passages portuaires représente 21 % du délai total. Dans le cas Porto-Gdansk (80 heures de navigation sans escale), le délai des passages portuaires représente 17% du délai total (annexe 6). Il faut remarquer que dans le cas Porto-Gdansk l'économie offerte par le transport de cabotage est de 977 € par rapport au transport routier. Il nous semble clair que le délai du passage portuaire est le principal obstacle à surmonter du point de vue technique.

Pour cette raison, nous avons pensé au service de cabotage « aller-retour » direct entre les ports qui comptent entre 75 et 150 liaisons (5.4.1). Ils ne sont séparés que par des distances de 300nm au maximum, ce qui équivaut presque aux 16 heures de passage portuaire et ce temps devient égal au temps de navigation. En d'autres mots, pour des trajets de cabotage sur des distances mineures de 320 nm, le temps de passage portuaire moyen est supérieur à celui de la navigation. Alors, si on veut que le cabotage puisse devenir une véritable alternative au transport routier sur ces liaisons, il faut impérativement réduire le temps de passage portuaire. Un service « aller-retour », réalisé par des navires Ro-Ro, nous semble la meilleure solution pour ces liaisons, car le délai du passage portuaire est presque zéro.

### **5.5.1 Propositions pour réduire les délais portuaires**

Dans le cas des services de cabotage réalisés par des navires à manutention verticale, Lo-Lo, si on arrive à réduire le délai de passage portuaire en assurant le respect des délais de transport annoncés aux chargeurs, et compte tenu des possibles économies pour celui-ci, la balance du choix modal finira pour pencher vers le cabotage, et le transfert modal tant attendu pourrait avoir lieu. Malgré la rapidité du transport routier, il existe une possibilité de transfert, même pour des services de cabotage effectués par des navires de manutention verticale Lo-Lo, compte tenu des possibles économies pour les chargeurs, mais uniquement si les délais annoncés par les services de cabotage sont respectés, contrairement à la réalité actuelle.

Pour contribuer à la réduction de temps de passage portuaire des conteneurs ainsi qu'à la réduction de temps d'escale des navires caboteurs, nous avons deux propositions : La première cherche à diminuer les démarches administratives et les contraintes qui peuvent retenir le conteneur sur le port plus que prévu. La deuxième est de caractère technique et cherche à diminuer le temps d'escale du navire et de manutention des conteneurs.

## **Le dédouanement du fret maritime intra-européen**

Le dédouanement du fret intra-européen est indispensable pour éliminer les barrières administratives et les contrôles qui retardent le passage des conteneurs dans les ports. Jusqu'à aujourd'hui, un conteneur contenant du fret intra-européen est soumis aux mêmes procédures, et est susceptible d'être physiquement contrôlé de la même façon qu'un conteneur maritime contenant du fret transocéanique. Ces procédures administratives et les éventuels contrôles, provoquent des coûts externes et principalement des délais supplémentaires dans les ports. La libre concurrence entre modes de transport ne sera une réalité que lorsque le fret maritime de cabotage sera dédouané et délivré des contraintes administratives portuaires, à l'égal du fret routier. Les droits portuaires et la manutention du conteneur, pourront être demandés et facturés à l'unité. Dans un cas idéal, on pourrait parler d'un « péage portuaire » sans provoquer des délais, des attentes ni des formalités administratives. La mise en place d'un système d'identification et de traçabilité des conteneurs sera nécessaire pour pouvoir les différencier de ceux du trafic transocéanique. Enfin, des mesures organisationnelles de ce genre pourraient ouvrir de véritables opportunités de transfert du fret routier et d'une maritimisation des échanges européens.

## **Les terminaux à conteneurs spécialisés pour le cabotage**

La création de terminaux de conteneurs de cabotage nous semble nécessaire. Jusqu'à aujourd'hui, les ports se sont engagés dans la course vers l'agrandissement et la modernisation des équipements des terminaux à conteneurs. La plus grande partie des ports européens de commerce sont bien équipés pour ce type de trafic, et ils se sont engagés dans une lutte continue pour devenir un port concentrateur « Hub » en Europe, comme nous l'avons largement exposé au sous-chapitre (1.5).

Mais cette course pour devenir « Hub » ne peut être gagnée par tous les ports. D'une part, il est impossible que chaque port devienne un « Hub », et d'une autre part, les grands investissements en terminaux ont été déjà réalisés. Ceci provoque un énorme gaspillage des capacités des infrastructures portuaires et des équipements comme on l'a exposé dans le sous-chapitre (1.6). Alors le cabotage peut devenir la source du trafic de conteneurs tant désiré sur les ports. Dans la plus grande partie des ports, la création de terminaux de conteneurs spécialisés pour le cabotage ne demanderait qu'une simple

réorganisation et une affectation des infrastructures et des équipements déjà existants, pour le fonctionnement des terminaux de cabotage.

L'objectif principal est d'éliminer la discrimination portuaire dont les navires de cabotage sont souvent l'objet, pour donner priorité au chargement et déchargement des navires transocéaniques. Les navires caboteurs doivent avoir la même priorité, et pour cela, il faut des terminaux dédiés. L'existence de zones de stockage de conteneurs à l'intérieur des terminaux de cabotage pourrait faciliter aussi l'identification des conteneurs et le traitement douanier différencié entre conteneurs transocéaniques et conteneurs de cabotage. Enfin, la création des terminaux à conteneurs de cabotage est un grand sujet en lui-même et une autre thèse pourrait se développer pour traiter ce sujet. Mais il faut mettre en clair, que la mise en place de terminaux dédiés, est possible sans besoin de grands investissements et que leur existence est une condition pour impulser le cabotage de manière effective.

### **5.5.2 Propositions pour augmenter l'efficacité du cabotage**

Nous ferons de propositions orientées afin d'augmenter l'efficacité du mode sur les deux points les plus faibles du cabotage dans la concurrence modale : la rapidité de transport et l'image du mode. Le temps de navigation est une des composantes du délai final du cabotage, sa diminution contribuera donc directement à son efficacité. D'autre part, on a discuté largement au chapitre deux sur l'apparente obsolescence du transport de cabotage auprès de chargeurs. Même si « obsolescence » n'est pas réelle dans l'absolue, cette image aux yeux des chargeurs, peut enlever toute intention de recherche d'alternatives aux habitudes prises par rapport au choix modal. Pour pouvoir proposer de nouveaux services avec une nouvelle image, tout en améliorant de façon certaine l'efficacité du cabotage, nous proposons la mise en place de navires rapides.

#### **Les navires rapides de cabotage (fast-ships)**

Une autre proposition suggérée est l'introduction des navires rapides pour les dessertes de cabotage. Comme on l'a vu, le désavantage principal du transport de cabotage est le délai de transport. Pour réduire ce délai, une solution possible est la

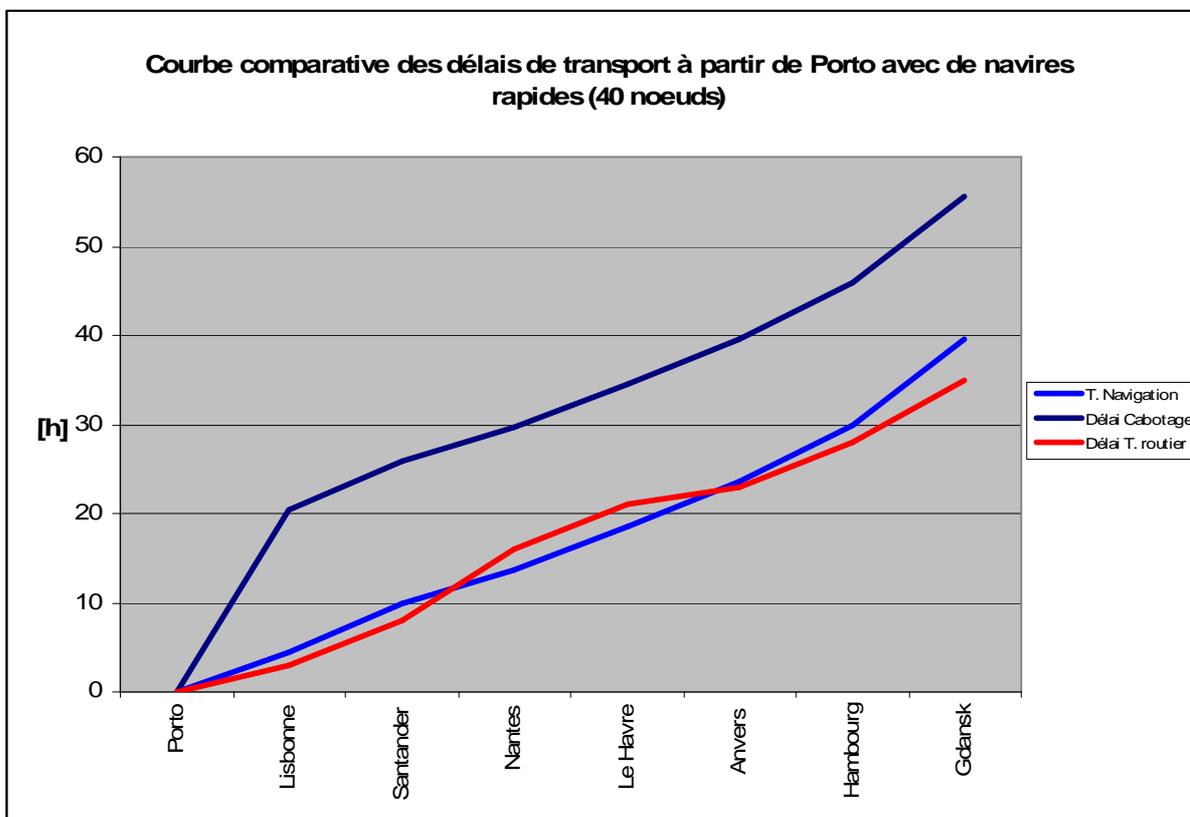
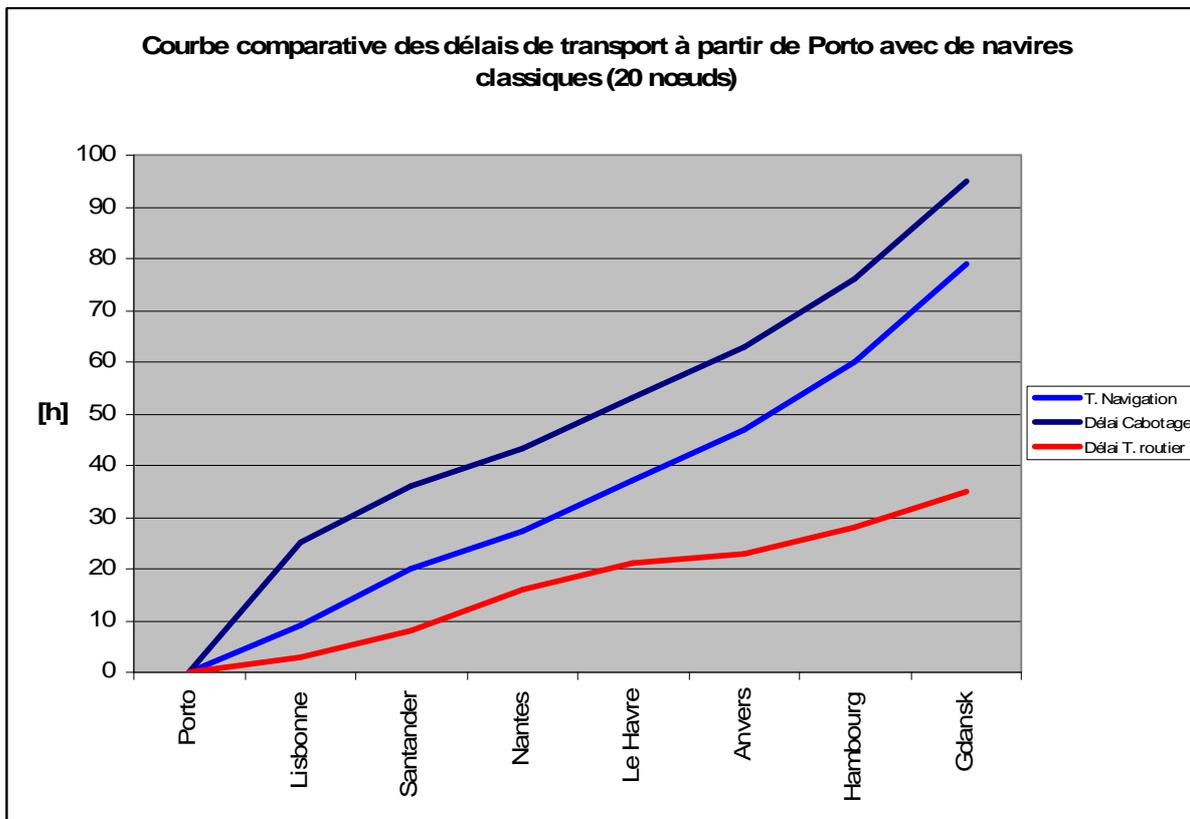
diminution des temps de navigation. Les navires rapides actuels les plus rapides atteignent les 40 nœuds, une telle augmentation de vitesse réduirait de moitié les temps de transport actuels du cabotage, en ce qui concerne la navigation. Sans doute une telle réduction de temps rendrait plus attractif ce mode de transport ? Avant l'analyse de chaînes de transport combiné « mer-route », on a supposé que la navigation constituait la majeure partie du délai total du transport de cabotage, et qu'une diminution drastique du temps de navigation devrait facilement conduire à une telle augmentation de l'attractivité du cabotage que le transfert serait inéluctable.

Après l'analyse, les résultats nous ont montré que le temps d'escale des navires ont un poids beaucoup plus important que pensé. Comme on a vu au sous-chapitre (5.4.1), pour des distances mineures ou égales à 300 nm, nous avons des délais de navigation d'environ 15 heures et le passage portuaire d'un conteneur est de 8 heures en moyenne. Ainsi, dans le meilleur de cas, si le navire caboteur ne doit pas attendre qu'un quai soit libéré pour entrer au port, on peut affirmer que pour des distances de moins de 300 nm, (ex. Alicante – Barcelone ou Brême – Rotterdam) le passage portuaire d'un conteneur (sur deux ports) est aussi long que le temps de navigation lui-même. Ceci signifie que le passage portuaire représente les 50% du délai total. Dans, ces conditions même une réduction drastique de 50% du temps de navigation, n'aurait aucun effet visible sur le transfert. Par contre, même dans les conditions actuelles du passage portuaire, les navires rapides deviennent intéressants pour des longues distances.

Par exemple, si on considère la vitesse moyenne des navires de 20 nœuds (condition actuelle) et un trajet direct entre Porto et Gdansk de 1580 nm, le temps de passage portuaire passe à 20% du délai total qui est de 95 heures (79h navigation + 16h passages portuaires). Si on considère une vitesse moyenne des navires de 40 nœuds pour le même trajet, le temps de passage portuaire passe à 35% du délai total qui est de 55h 30 (39h 30 navigation + 16h passages portuaires). Dans ce cas, l'utilisation des navires rapides pourrait économiser 40h sur le délai total, ce qui devient très intéressant. *Mais, il faut remarquer que dans tous les cas, courte ou longue distance, navire rapide ou non, le passage portuaire est le véritable obstacle qui empêche l'offre de services compétitifs de cabotage au niveau des délais de transport.*

Pour illustrer nos observations antérieures, nous avons construit des courbes qui illustrent le comportement de l'augmentation des délais de transport de cabotage et du transport routier en fonction des distances à parcourir pour chaque type de transport. Nous avons utilisé les couples des villes portuaires pour simplifier le calcul et pouvoir comparer directement les délais entre deux modes, sans nécessité de considérer un pré-acheminement et un post-acheminement. Pour les délais de cabotage, on a inclus les deux passages portuaires de 8h chacun, mais, on peut observer aussi une troisième courbe qui représente les délais de navigation. Nous avons choisi le cas que nous considérons le plus significatif, celui du transport entre Porto et les ports, qui selon notre analyse seraient les plus appropriés pour développer une ligne de cabotage (voir carte 20). La première courbe est construite en considérant une vitesse de 20 nœuds pour des navires classiques et la deuxième de 40 nœuds pour des navires rapides.

**Fig.62 Courbes comparatives des délais de transport entre le transport routier et le cabotage à partir de Porto pour des navires classiques et pour des navires rapides**



Nous avons choisi 40 nœuds comme vitesse pour les navires rapides, car après plusieurs itérations de calcul des couples individuels à l'aide du programme d'analyse de chaînes, et de comparaison entre les délais du cabotage et ceux du transport routier, nous nous sommes aperçus que les délais de navigation entre deux ports, et les délais de transport routier sont presque les mêmes pour des vitesses de navigation autour de 40 nœuds. Malheureusement, nous ne pouvons affirmer qu'à une vitesse de quarante nœuds, le temps de navigation soit exactement l'équivalent du délai du transport routier car il faut considérer que le facteur géographique intervient, par exemple, le délai de trajet routier entre Cherbourg et Dunkerque est de 7h tandis que le temps de navigation pour une vitesse de 20 nœuds est de 6h, et pour une vitesse de 40 nœuds, il serait de 3h.

Alors, pour trouver la convergence entre la courbe de délai de navigation et celle du délai du transport routier, il faut prendre en compte deux conditions. La première est de considérer des villes portuaires (sans pré acheminement ni post-acheminement vers les villes intérieures), la deuxième est géographique, les courbes seront plus convergentes si la côte sur laquelle se trouvent les ports s'approche d'une ligne droite. Le contournement de golfes et/ou les parcours routiers sur des péninsules provoqueront des écartements entre les courbes.

Nous pouvons observer que les courbes de délai total du cabotage et de navigation se développent de façon parallèle, à cause du délai constant estimé à  $8 \times 2 = 16$ h pour deux passages portuaires. Il est intéressant d'observer que pour une vitesse de 20 nœuds, l'écart entre le temps de navigation et le délai du transport routier, augmente en fonction de la distance. Il faut remarquer, que les distances entre chaque couple d'origine et de destination, dépendent du mode de transport, c'est-à-dire que nous avons deux distances entre chaque couple, celle de la trace d'autoroute et celle de la navigation. Pour cette raison, nous avons référencié les courbes, non par rapport à des distances linéaires, mais par rapport aux points géographiques de destination. Remarquons que pour les couples Porto-Nantes et Porto-Le Havre, les délais de navigation deviennent même moins longs que les temps de trajet routier, ce qui signifie qu'un service rapide et direct entre ces couples des ports aurait indiscutablement toutes les opportunités pour réussir le transfert modal si le délai du passage portuaire était nul. Dans le tableau suivant, on peut observer la non linéarité et le manque de parallélisme entre les distances à parcourir pour les véhicules de chaque mode.

**Fig. 63 Distances de navigation directe et d'autoroutes entre Porto et les ports de la ligne de cabotage proposée « Porto - Gdansk »**

<b>Porto/D</b>	<b>Distance maritime [nm]</b>	<b>Distance routière [km]</b>
Lisbonne *	176	310
Santander	399	711
Nantes	545	1481
Le Havre	737	1903
Anvers	935	2061
Hambourg	1197	2542
Gdansk	1580	3174

\* On a incluse Lisbonne dans le tableau pour avoir une distance intermédiaire entre 0 et 300 nm, mais Lisbonne ne fait pas partie des ports de la ligne proposée

© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

Bien que nous ne puissions établir une règle de comportement entre modes de transport par rapport au délai en disant qu'à 40 nœuds, les temps de navigation et de trajet routier soient équivalents, à cause des raisons expliquées. *Nous pouvons dire que dans le cas général, et entre villes portuaires, des navires caboteurs pouvant atteindre la vitesse de 40 nœuds, pourront être compétitifs non seulement au niveau du coût de transport, mais aussi, au niveau de délai de transport.* Ce qui rendrait, « inéluctable » le transfert modal de fret « route-mer ».

## **Le navire caboteur européen**

Comme vu auparavant, le principal frein au développement du cabotage est le délai de transport. Il existe deux voies pour réduire ces délais : la diminution du temps de passage portuaire pour le conteneur et du temps d'escale pour le navire, et deuxièmement, la réduction du temps de navigation. La plus importante de ces composantes du délai total du transport de cabotage est celle du passage portuaire et nous avons fait déjà des propositions à ce sujet. Quant à la deuxième composante du délai, nous venons de voir qu'une réduction du temps de navigation rendrait possible un transfert partiel, au moins entre villes portuaires, dans les conditions actuelles d'escale et de passage portuaire de conteneurs. Bien évidemment, une double action serait souhaitable, une action orientée vers la diminution du passage portuaire et de réduction du temps de navigation.

Pour cela, nous imaginons un navire qui pourrait de lui-même effacer l'obstacle du délai de transport de cabotage, un navire innovateur qui pourrait être produit en série pour créer une véritable flotte de cabotage en Europe, capable d'absorber des trafics équivalents à 12000 PL/jour. Nous imaginons ce navire comme un catamaran pouvant atteindre les 40 noeuds au moins, qui permettrait d'avoir presque les mêmes temps de parcours routiers (Fig.62), Le navire dans sa version de navire roulant « Ro-Ro », pourrait avoir une architecture permettant l'existence d'un ou deux ponts couverts plus le pont principal, qui feraient office de parkings pour des poids lourds et/ou pour des remorques non accompagnées. Cette caractéristique d'embarquement/débarquement roulant, réduit le temps de passage portuaire presque à zéro. Ainsi, ce navire dans sa modalité roulière serait plus adapté pour réaliser des liaisons directes rendant le transport combiné « mer-route » plus compétitif que le transport routier, sur tous les critères de choix modal et par rapport aux intérêts différents de tous les acteurs du transport (qui a été discuté largement au chapitre deux). On peut penser que les trajets d'une durée d'une journée ou moins seront les plus adaptés pour ce type de navire, compte tenu de la présence des chauffeurs routiers pendant la navigation. Alors, la distance pour des services de cabotage Ro-Ro pourrait être limitée par un délai de navigation de 12 heures, ce qui à une vitesse de 40 noeuds représente la desserte des lignes directes entre Le Havre et Brême (503 nm) ou entre Valence et Gênes (510 nm) par exemple.

Le navire caboteur pourrait aussi avoir une version « cellular » exclusive pour des conteneurs, cette version de manutention verticale « Lo-Lo », serait donc mieux adaptée pour les trajets plus longs, dans la modalité de cabotage classique ou multi-escales, par exemple, ceux qui nous proposons (Carte 20). Mais, les économies de temps de navigation qu'un tel navire pourrait réaliser, n'auraient aucun impact sur la tendance actuelle de la concurrence du transport si les terminaux dédiés ne se mettent en place préalablement. Les terminaux dédiés sont en réalité la principale amélioration à réaliser, leur importance est particulière, dans le cas des lignes multi-escales avec ou sans navires rapides. Contrairement au cas des lignes directes, le navire rapide n'aurait aucun sens si les terminaux dédiés n'étaient pas créés à l'avance. Dans le cas idéal, on peut imaginer des navires rapides, en version Lo-Lo, qui suivirent des circuits entre les terminaux dédiés des ports à fort potentiel de cabotage (Carte 20). Si les escales de navires pouvaient être réduites à 4 h, par exemple, les navires rapides pourraient réaliser le circuit Porto - Santander - Nantes - Le Havre -Anvers - Hambourg -Gdansk , en 7 jours.

**Fig. 64 Distances et temps de navigation des navires rapides pour la ligne de cabotage proposée « Porto – Gdansk »**

	Distance maritime [nm]	Temps de navigation [h] à vitesse de 40 nœuds	Distance cumulée [nm]	Temps cumulé [h] *
Porto	0	0	0	0
Santander	399	10	399	14
Nantes	243	6	642	24
Le Havre	430	11	1072	39
Anvers	244	6	1316	49
Hambourg	393	10	1709	63
Gdansk	585	15	2294	82

\* Temps cumulé en considérant 4 h par escale portuaire, délai du circuit (aller et retour) = 162 h

© H. Martell, 2006, CIRTAI, UMR I.D.E.E.S. du CNRS, Université du Havre

A manière d'exemple de comparaison, la ligne de cabotage la plus semblable par son itinéraire est la « Protcon-NL 2 » faisant un circuit de seulement 4 ports : Rotterdam - Lisbonne - Leixoes - Le Havre - Rotterdam avec un délai de 10 jours. (Annexe 3, p.352)

### 5.5.3 Propositions pour augmenter l'attractivité du cabotage

Notre troisième type de propositions pour le développement du cabotage, a pour objectif d'améliorer l'attractivité du mode non par des innovations techniques ou par des propositions pour organiser différemment le fonctionnement du mode, mais par des services offerts aux chargeurs.

#### Les services différenciés de cabotage

Offrir des services différenciés du cabotage c'est offrir des possibilités multiples aux chargeurs. Aujourd'hui, face à l'avantage de souplesse horaire en réponse au transport routier, le cabotage ne peut se permettre de rester dans des schémas classiques de service. Le chargeur n'a plus besoin d'attendre que les navires fassent escale au port. On a déjà fortement insisté sur le besoin de régularité et de fiabilité des dessertes de navires caboteurs dans les ports. On a aussi parlé de la nécessité de diminuer les délais de passage portuaire et de l'éventuelle mise en place de terminaux de cabotage afin de réduire le temps d'escale des navires dans les ports. Réussir ces objectifs serait déjà un grand pas

vers le transfert de fret routier, mais on peut penser à améliorer encore les services de cabotage. Maintenant, afin de poursuivre nos propositions, hors améliorations techniques, organisationnelles et administratives inhérentes aux navires et au passage portuaire, considérons les chargeurs en tant que clients du cabotage.

Les chargeurs, en général (comme tout client) préfèrent avoir le choix, et les avantages les plus attractifs du transport routier sont la souplesse de desserte et aussi la souplesse horaire pour l'envoi de leur cargaison. Cette préférence, est manifeste quand les économies des coûts offertes par le transport combiné « routier et de cabotage » par rapport au transport entièrement routier, sont importantes. Si le problème de souplesse de desserte du cabotage est résolu grâce au transport combiné « mer-route », cela signifie que les chargeurs préfèrent payer davantage pour gagner en souplesse horaire et en sûreté sur les délais de livraison du fret. Alors, du point de vue « service aux chargeurs » il faudrait des mécanismes pour que le cabotage soit amélioré en souplesse horaire et en ponctualité. En ce qui concerne la ponctualité et l'assurance des dates de dessertes portuaires, on a déjà largement exposé nos propositions. Maintenant, que peut-on créer pour améliorer la souplesse horaire du cabotage ? Une première proposition faite indirectement pour résoudre ce problème est celle des lignes de cabotage dans la modalité « aller-retour » qui offriraient un ou peut-être deux départs journaliers offrant ainsi une souplesse horaire.

Une autre proposition est la mise en place de services combinés « mer-route » de porte à porte effectués sous contrat unique. De cette façon, le transport de cabotage « combiné » pourrait profiter de l'atout routier de souplesse même sur les trajets de cabotage longs (plus de 300 nm). Pour le chargeur, ce type de services ne changerait rien ses envois quotidiens. Il remarquera peut être de légers délais supplémentaires qui seront compensés par des économies de prix de transport. Ces changements seraient facilement acceptés s'ils sont prévus à l'avance, et s'ils sont assurés des dates de livraison. Finalement, une réorganisation d'envois et une prévision différente (avancée) suffirait pour annuler l'augmentation de délais. Contrairement aux idées reçues, tout le fret conteneurisé n'est pas à flux tendu. En fait, il nous semble que les acteurs les plus intéressés par ce type de services de transport combiné et intégré, devraient être les compagnies mêmes de transport routier, car ils pourraient mobiliser un camion avec remorque ou avec conteneur sur plate-forme, sur une partie du trajet total (pré acheminement et post-acheminement) et transporter l'ensemble sur un navire pour la

partie plus importante du trajet total, permettant ainsi d'économiser en carburant, en coûts d'usage des camions et en « péages ». Pour que cette idée de « mer-routage » devienne attractive pour les transporteurs routiers, il suffirait que la composante de cabotage sur un trajet total (de bout en bout), soit moins onéreuse que la partie équivalente du trajet entièrement routier.

Plusieurs options sont envisageables ; Le chauffeur d'une compagnie « A » va chercher le fret au point d'origine et il le conduit au port pour l'embarquement du camion, ensuite il accompagne son camion pendant la traversée maritime ou un chauffeur de la même compagnie ou d'une compagnie filiale, débarque le camion au port de destination intermédiaire, pour ensuite le conduire à la destination finale. Le même type de service est envisageable pour le transport de conteneurs seuls et/ou de remorques non accompagnées, pour lesquels un camion seul ou un camion et plate-forme peut amener les remorques ou conteneurs au port proche du point d'origine, alors qu'un autre va le chercher au port proche du point de destination, pour ensuite le livrer. Les possibles services peuvent être différenciés aussi par le type de navires à utiliser, en offrant ainsi des délais et des tarifs différents aux chargeurs. Ils peuvent être réalisés soit par des navires Ro-Ro en modalité de « mer-routage », soit par des navires Lo-Lo en modalité classique de transport de conteneurs.

Certes, cette idée ne peut fonctionner partout, et l'étude des liaisons pour lesquelles un tel service peut fonctionner serait une belle suite à cette thèse. Pour l'instant, nous ne pouvons pas présumer sur ce type de service, sauf qu'il possède un potentiel réel. Comme un bref exemple de sa faisabilité, considérons l'exemple qui suit : Le coût pour transporter une remorque de PL classique entre le port de Naples en Italie et le port de Vigo en Espagne (contenant une moyenne de 15 tonnes de fret) revient à 2729 € pour le total du trajet (coût direct à prix courants 2006 sans considérer les péages de 45 € en Espagne + 185 € en France), tandis que le coût direct de l'option combinée pour la même origine et la même destination revient à 2156 € (en considérant le coût du passage portuaire de 80 € (Fig.61, p.270) en faisant Vigo-Sète (routière) et Sète-Naples (cabotage) pour un conteneur (contenant une moyenne de 25 tonnes de fret). Dans ce cas, une économie de 573 € est possible avec un délai supplémentaire de 16 heures « dans les conditions actuelles » (voir annexe 6, p.395), de quoi avoir confiance dans le développement du cabotage.

## **Les transitaires dédiés aux trafics de cabotage**

Une dernière proposition ou plutôt une possible activité qui pourrait émerger comme résultat d'une véritable impulsion du cabotage : est celle du transitaire spécialisé dans le fret maritime intra-européen de conteneurs. Si des nouveaux services de cabotage sont mis en place avec régularité et ponctualité et le délai du passage portuaire est diminué, le développement du cabotage sera possible même si on n'obtient pas en ce moment la différenciation des services de cabotage et/ou aux services porte-à-porte de transport combiné « mer-route ». Dans ce cas, le volume du trafic de conteneurs à gérer pourrait si important que des services de transit spécialisés deviendraient nécessaires pour réguler le flux. Si on considère un humble transfert de 30 % comme on l'a estimé au sous-chapitre (5.4.3), le volume de conteneurs à gérer sur notre espace d'étude peut approcher les 180 000 conteneurs par an. Ce qui créerait nécessairement un intérêt chez les transitaires pour une spécialisation. Une telle spécialisation du service de transit serait nécessaire pour pouvoir coordonner les services de porte-à-porte du transport combiné « mer-terre ». Ainsi, une première évolution du mode de cabotage (pour le rendre régulier et ponctuel en diminuant le délai du passage portuaire), donnera lieu à ce type de services de transit qui, par la suite, permettront au cabotage de poursuivre son évolution vers des services différenciés et des services porte-à-porte intégrés.

## Conclusion

Les résultats obtenus par l'application du modèle de détection de chaînes minimales de transport combiné (DETCCM), au cas du transport combiné routier et de cabotage, ont été plus satisfaisants que prévu. Il coïncident en général avec les suppositions, de la fin du chapitre trois, relatives à la localisation des ports à fort potentiel pour le transfert du fret de cabotage. Dans le cas de Barcelone, Glasgow et Amsterdam, les résultats ont été plutôt inattendus. Finalement, on a pu confirmer que, même, si le poids de la population des villes proches des ports, joue le rôle principal dans le potentiel pour le développement du cabotage d'un port, l'interconnexion du port au réseau routier et la densité de celui-ci dans son arrière-pays immédiat, ont aussi un rôle fondamental dans le potentiel de développement du cabotage.

Le potentiel individuel des ports a été défini par rapport au nombre de liaisons compétitives de cabotage direct ou de transport combiné de chaque port par rapport à l'ensemble des villes et ports de notre échantillon. Les liaisons ont été considérées comme compétitives par rapport au critère de coût de transport et analysées par rapport à d'autres critères, pour des cas particuliers, selon l'intérêt des phénomènes que nous avons voulu traiter. D'après les résultats généraux de l'analyse des chaînes, on a constaté l'importance du facteur géographique dans la compétitivité purement économique des ports, pour le développement du cabotage. Ainsi, nous avons classé les phénomènes géographiques qui affectent la compétitivité portuaire, pour ce type de trafic, en quatre groupes de ports :

- 1) Le groupe des ports sur des zones côtières à forte densité portuaire. Pour les ports de ce groupe, la compétitivité individuelle des ports se voit accrue grâce à la synergie des activités maritimes, des activités industrielles et de la concentration de la population dans l'arrière-pays immédiat de l'ensemble des ports. Mais en contrepartie ils sont soumis à une forte concurrence portuaire qui peut amener à ce qu'un ou deux ports d'une région puissent devenir les plus attractifs de la zone, en ôtant aux ports restants la possibilité de développer leur propre cabotage de manière importante. Le phénomène mondial de concentration de trafic sur une place portuaire, se reflète à une

autre échelle dans les résultats de notre analyse, sur les liaisons compétitives du cabotage.

- 2) Le groupe des ports insulaires, suit un comportement proche des résultats attendus, plutôt favorable au développement du cabotage grâce au phénomène d'insularité. Mais nous avons pu dégager certaines nuances de ce phénomène grâce aux résultats de l'analyse des chaînes. En effet, contrairement à ce que nous supposions avant l'analyse, tous les ports insulaires n'ont pas de véritables possibilités pour développer le cabotage, sauf dans les cas de ports commerciaux presque seuls sur une île, comme dans le cas de Palerme, Cagliari ou Dublin, où cette présomption de l'insularité est vraie. On peut observer que les autres trois phénomènes continentaux portuaires, se répètent sur des îles de grande taille comme la Grande Bretagne.
  
- 3) Le cas idéal pour le développement du cabotage dans un port, est celui d'être un port de commerce exclusif sur une zone côtière ou une façade maritime comme dans le cas de Algeiras, Lisbonne, Naples et Nantes. Dans ce cas, les ports profitent de liaisons compétitives presque exclusives. Mais bien que les liaisons compétitives de cabotage soient nombreuses, l'absence d'arrière-pays immédiats bien connectés au réseau routier, de populations ou des zones de production importantes, peut supprimer le potentiel portuaire du développement du cabotage comme dans le cas de Naples et Bordeaux.
  
- 4) Le phénomène de couple de ports pourrait être vu comme le cas extrême du phénomène de concentration portuaire. Dans ce cas se trouvent des couples de ports comme : Dunkerque et Zeebrugge, Rotterdam et Amsterdam, Southampton et Portsmouth et Brême et Hambourg. Pour ces ports, la grande proximité provoque une telle concurrence qu'un des ports finit presque par absorber toutes les liaisons potentielles de l'autre. En réalité, chaque port a des opportunités propres qui sont tellement similaires, qu'un léger avantage géographique et/ou une connexion routière suffit pour qu'un des ports absorbe le potentiel de développement du cabotage du voisin.

Le scénario de transfert montre que les volumes potentiels de transfert même pour un taux modeste de 30% peuvent être une source suffisante pour alimenter le cabotage

avec un trafic équivalent à 3000 PL tant dans la Méditerranée que dans le golfe de Gascogne, la Manche et la Mer du Nord. Les lignes de cabotage doivent être structurées en fonction des principaux axes de circulation du fret de cabotage possible. Nous avons présenté deux possibilités de distribution de flux en fonction du type de service et des escales portuaires. Sans aucun doute, le transfert de fret se bâtit comme une superposition de deux possibilités. Nous suggérons aussi que des services différenciés puissent se mettre en place pour profiter du fait d'avoir des ports de grand potentiel et des ports de moyen potentiel, pour le développement des lignes de cabotage. Nous considérons que la généralisation des services directs (aller-retour) entre le même couple de ports, pourrait diminuer de façon sensible les délais du cabotage et offrir une véritable option au transport routier pour des traversées qui n'excèdent pas 15h, c'est-à-dire entre couples de ports distantes de 300 nm au maximum, comme dans le cas de Lisbonne et Porto.

Finalement, nous établissons des propositions pour améliorer les trois points qui nous semblent fondamentaux, afin de donner un véritable nouvel élan au cabotage :

- 1) Réduire les délais de cabotage par la promotion des services directs entre couples de ports, par le dédouanement de fret intra-européen, et par l'aménagement et/ou l'affectation des installations portuaires, spécifiques au trafic de cabotage.
- 2) Augmenter l'efficacité des navires caboteurs, par le biais de l'introduction des navires caboteurs rapides, d'abord dans la modalité Ro-Ro principalement pour des services directs (aller-retour), et ensuite dans la modalité Lo-Lo visant en priorité leur introduction pour les lignes multi-escales. Avec des navires rapides ( $V_m=40$  nœuds), on pourrait augmenter de 300 nm à 500 nm la distance maximale pour des services directs, et aligner le plus souvent, le temps de navigation des navires et les temps de trajets routiers de camions.
- 3) Pour les services aux chargeurs, nous proposons des services et des tarifs différenciés, soit pour des services classiques et pour des services de transport (aller-retour) entre deux ports, soit pour des services à responsabilité uniquement entre ports et pour des services de porte-à-porte sous responsabilité unique. La coordination des services de ce genre nécessiterait un support organisationnel solide, pour contrôler les trafics et

adapter les services et les tarifs aux besoins des chargeurs, ce besoin ayant motivé notre dernière proposition pour stimuler les services des transitaires dédiés au cabotage.

Pour conclure ce chapitre, nous pouvons affirmer que le potentiel de développement du cabotage en Europe existe, et qu'il est une alternative de transport viable. Le cabotage, pourrait même devenir le trafic principal de plusieurs ports européens. Mais, dans les conditions actuelles de concurrence, aucun transfert de fret à grande ou moyenne échelle n'est possible, si ce n'est pour des produits spécifiques. Le cabotage nécessite d'une véritable révolution organisationnelle, technique et législative pour se placer dans une situation de véritable libre concurrence, non faussée en faveur du transport routier. Enfin, nous avons démontré le potentiel du cabotage, nous avons localisé les ports à fort potentiel pour son développement et nous avons exposé des propositions des lignes, des services et organisationnelles afin de régler les problèmes de fond et impulser ainsi le développement du cabotage de façon effective.

## **Conclusion générale**

Le développement du cabotage maritime n'est pas uniquement une possibilité mais une nécessité. Outre les bénéfices écologiques et les économies d'énergie qu'il peut apporter, le développement durable des ports et du transport maritime en dépend. Pendant les dernières décennies, la conteneurisation du fret a entraîné une série de changements liés aux activités maritimes qui se sont succédés sans cesse jusqu'à nos jours. L'adoption généralisée du conteneur maritime comme contenant de tout genre de fret, a provoqué le besoin de navires spécialisés, qui ont produit à leur tour le besoin d'équipements portuaires spécialisés et des nouvelles infrastructures, qui a entraîné des modifications dans le fonctionnement des ports et dans leur relation aux activités économiques et aux populations des villes concernées. La conteneurisation du fret maritime se trouve ainsi à l'origine même des changements dans le quotidien des populations des villes portuaires. L'évolution du transport maritime de fret a été aussi impulsée par les changements mondiaux de la production, la globalisation économique et la tendance croissante à la libéralisation des marchés.

L'ensemble des transformations de la mondialisation entraîne le besoin de déplacer des volumes de plus en plus grands de fret entre continents. Dans ce sens, la conteneurisation et toute l'évolution qu'elle a générée, a été une nécessité pour re-alimenter le processus d'intégration de la production, des marchés et de l'économie au niveau mondial. Mais le bilan du processus n'est pas tout à fait positif. Certes, l'activité maritime mondiale est en plein essor, mais l'évolution de la distribution des flux maritimes de marchandises conteneurisées pose un problème fondamental, celui de la « concentration ». La conteneurisation et le gigantisme des navires ont conduit progressivement à une logique de concentration de grands volumes de fret à transporter, ce qui a entraîné la diminution progressive des dessertes portuaires afin de concentrer les flux sur un nombre réduit de ports. Cela rend possible l'essor commercial et la croissance des trafics sur certains ports ainsi que la stagnation voire le déclin des activités maritimes sur d'autres, même s'ils se sont modernisés et équipés pour rester dans la course, pour devenir « port concentrateur » dans le système d'échanges mondiaux. Nous pouvons

constater que le phénomène de concentration s'est produit principalement dans le sens nord-sud dans chaque continent, créant ainsi un seul axe de circulation maritime mondial est-ouest. Le besoin de réduction d'escales a affecté de nombreux ports localisés sur l'axe est-ouest et les rôles de « port de concentration », sont déjà occupés. On se retrouve aujourd'hui avec le problème suivant : un réseau portuaire très performant en surcapacité par rapport aux trafics réels et avec de lourds investissements à rentabiliser. Nous trouvons dans cette réalité le premier motif pour développer le cabotage maritime de façon effective, car il peut représenter un créneau portuaire très important dans plusieurs cas. Ainsi le développement du cabotage devient non seulement un autre trafic secondaire mais un trafic clé pour le développement à long terme des ports, en utilisant leurs capacités déjà installées. Les ports doivent s'investir sérieusement pour développer le cabotage car ils en seront les premiers bénéficiaires. Le développement de trafics de cabotage conséquents pourra même aider à diminuer la forte dépendance portuaire vis à vis des grands armements mondiaux, et pour certains ports, le cabotage peut devenir la source principale de trafic de fret.

D'autre part, il existe un réel intérêt politique communautaire en Europe pour le développement équilibré des transports dans le cadre du programme « Marco Polo ». Depuis 1995, l'Union européenne a mis en place diverses actions visant à promouvoir le développement du cabotage, principalement dans le domaine de la recherche et de manière ponctuelle pour financer des améliorations portuaires avec le même objectif. Mais il faut reconnaître que malgré cette volonté de développement du cabotage les efforts et les moyens engagés pour son développement sont limités, contrairement au cas des infrastructures routières. La libre circulation des marchandises dans l'espace Schengen, les énormes financements pour l'élargissement et la densification du réseau routier, ainsi que les divers appuis directs et indirects aux entreprises de transport routier, représentent de grands avantages pour le développement du transport routier. Ainsi, dans la réalité, il existe un dumping modal en Europe en faveur du transport routier. Cela, ajouté aux avantages propres du mode de transport routier, principalement sa flexibilité et sa rapidité, fait du transport routier champion incontestable dans la concurrence modale.

Malgré le besoin de développer le cabotage, il ne pourrait pas se développer dans les conditions actuelles sinon pour des lignes dédiées à des produits spécifiques. Mais ce type de lignes n'est pas représentatif du cabotage en tant que mode dans la concurrence modale

de fret, car son succès dépend du produit transporté. Le développement effectif du cabotage au niveau européen doit se baser sur le cabotage générateur de fret général en « *feeder* » et sur le cabotage de fret intra européen. Dans les deux cas, le principal concurrent modal est le transport routier, dont la croissance a été la plus importante depuis la décennie 1970. Cette croissance du mode routier a été provoquée par l'augmentation des échanges de fret entre pays européens, mais aussi par le transfert modal qui s'est fait progressivement à partir des modes terrestres vers le transport routier. Le rééquilibrage modal du transport nécessite un renversement de cette tendance. Le transfert du trafic transporté actuellement par route est donc la principale source potentielle pour développer le cabotage à grande échelle.

Actuellement, le transport de fret routier intra européen porte sur d'énormes volumes et produit des trafics routiers conséquents. Nous avons étudié le trafic de poids lourds par le biais de l'analyse des résultats désagrégés de l'enquête de transit 1999 et des résultats agrégés de celle de 2004. Nous avons pu confirmer que les ordres de grandeur du trafic routier se maintiennent. Le trafic de poids lourds entre la péninsule ibérique et l'Europe du nord-ouest atteint 12000 PL/jour. Environ 60% de ce trafic passe par le Perthuis et 40% par Biriadou, et le trafic entre la France et l'Italie atteint les 3000 PL/jour. L'analyse des résultats désagrégés de l'enquête nous a permis de déterminer la grandeur des flux routiers entre points d'origine et de destination. L'analyse de ces points et des volumes transportés montre une zone principale de circulation du trafic routier en Europe. Nous avons identifié cette zone comme un triangle dont les sommets sont Madrid et la région centrale de l'Espagne, l'Europe du nord (Belgique, Pays-Bas, nord de l'Allemagne) et le nord de l'Italie (Gênes, Milan, Turin). Les côtés de ce triangle représentent les axes principaux de circulation routière, où les trafics à transférer circulent.

Nous sommes entrés ainsi sur le terrain du choix modal dont nous avons analysé plusieurs modèles. Nous avons trouvé que la plus grande partie de ces modèles ont une applicabilité limitée. Parfois les méthodologies sont très théoriques et nous considérons que leurs résultats peuvent facilement être déconnectés de la réalité des activités de transport. D'autres modèles nous semblent trop sommaires pour aider à la prise de décision sur le choix modal ou pour servir d'outils aux aménageurs d'infrastructures ou aux acteurs politiques du transport. Pour permettre la modélisation des conséquences du choix modal dans des démarches exploratoires, nous proposons un modèle basé sur le

parcours effectif des véhicules de transport entre points d'origine et de destination nommé « Distances équivalentes de transport pour le choix de chaînes multimodales » (DETCCM). Ce modèle se base sur le principe de « Distances équivalentes de transport » (DET) et il utilise un algorithme d'identification de la chaîne la plus courte dans une arborescence de possibilités de transport combiné. Le modèle est donc non seulement un outil de comparaison entre deux modes, mais il est utilisable pour déterminer la meilleure combinaison des modes de transport dans le but d'effectuer une desserte. Le modèle est exhaustif par rapport aux combinaisons possibles de transport en fonction des données analysées, il peut être applicable dans différents espaces géographiques et pour des échelles géographiques différentes, enfin il peut comparer les trajets directs et les combinaisons possibles de transport entre deux ou plusieurs modes. Nous l'avons appliqué au cas des modes de transport maritime de cabotage et routier en Europe afin de déterminer les ports ayant le meilleur potentiel pour développer des liaisons de cabotage compétitives avec le mode routier.

Après l'application du modèle (DETCCM), nous pouvons conclure que le cabotage maritime est une option viable du transport de fret intra européen. Nos résultats démontrent que la plus grande partie des ports en Europe possède un potentiel pour développer des liaisons de cabotage plus compétitives que le transport entièrement routier (parmi les 57 ports analysés, seulement 3 possèdent moins de 5 liaisons compétitives). Le transfert de fret routier vers la mer est donc possible, en termes purement économiques. Malheureusement, un tel transfert ne peut être réalisé dans les conditions actuelles de la concurrence modale. Nous avons identifié et hiérarchisé les multiples obstacles au développement du cabotage, dont les principaux sont l'inégalité de traitement des marchandises par rapport aux formalités douanières et administratives, le lent passage portuaire du fret de cabotage, les longues escales de navires caboteurs dans les ports et la discrimination qu'ils subissent par rapport aux grands navires transocéaniques. Nous avons enfin identifié les lignes de cabotage économiquement exploitables entre la péninsule ibérique et l'Europe du nord-ouest en proposant des solutions qui nous semblent pertinentes pour aider au développement du cabotage. L'implantation de services différenciés de cabotage afin d'offrir des services plus adaptés et plus rapides est une priorité. Des services directs « aller – retour » entre couples de ports et des services classiques multi-escales pourront offrir plus de possibilités aux chargeurs. L'aménagement de terminaux à conteneurs et de rampes Ro-Ro dédiés au cabotage est

indispensable pour faciliter le passage portuaire de fret dans les ports à plus fort potentiel de développement de liaisons compétitives. Le dédouanement du fret de cabotage est aussi essentiel pour réduire le temps de passage portuaire et égaler les conditions de transport du fret avec celles de la route. Les navires rapides de cabotage peuvent apporter aussi des économies de temps et leur mise en fonctionnement contribuera énormément au changement d'image dont le cabotage a besoin. Finalement, un transfert modal aura besoin de services spécialisés de coordination des activités de cabotage et de connexions terrestres pour réaliser les acheminements et les post acheminements nécessaires. Cela devrait générer le développement de nouvelles activités portuaires comme celle de transitaires spécialisés dans le cabotage. Enfin, le cabotage est viable en Europe, il constitue plus qu'une option, une nécessité, et le transfert du trafic de la route vers la mer est possible en termes économiques. Mais il faudra réaliser les changements de fond dont on a parlé, il faut un engagement financier au niveau européen pour impulser les activités de cabotage et soutenir l'évolution qui changera les conditions actuelles. Il s'agit donc d'un choix politique.

Dans le cas contraire, on devra se contenter d'observer l'augmentation inéluctable du poids du transport routier dans la répartition modale, et la stagnation et/ou le déclin des activités maritimes et portuaires liées au cabotage, tout en se demandant toujours : pourquoi le cabotage a-t-il des difficultés à se développer ? !

## Annexes

Annexe 1 : Infrastructure Benchmarks for European Container Ports.....	320
Annexe 2 : Matrices O-D d'assignation de flux routiers à partir des données de l'Enquête transit 1999, Ministère de l'Equipement des transports et du Logement.....	333
Annexe 3 : Données sur les lignes maritimes de cabotage, 2002.....	342
Annexe 4 : Distances maritimes entre 30 ports européens .....	360
Annexe 5 : Programme informatique pour l'obtention des chaînes les plus courtes.....	366
Annexe 6 : Résultats de l'analyse (DETCCM).....	386

## Annexe 1 : Infrastructure Benchmarks for European Container Ports

# Infrastructure Benchmarks for European Container Ports

Olivier P. Joly

UMR CNRS 6063 Interdisciplinary Research Center in Transports and International Affairs, The University of Le Havre, 25 rue Philippe Lebon F – 76086 Le Havre Cedex, France

Hipolito Martell Flores

UMR CNRS 6063 Interdisciplinary Research Center in Transports and International Affairs, The University of Le Havre, 25 rue Philippe Lebon F – 76086 Le Havre Cedex, France

In this paper some 57 European seaports were compared in the context of their infrastructure conditions. Infrastructure and equipment attributes commonly favour top ranked ports in benchmarking comparisons knowing that containerization have introduced new dimensions into port competition. This paper contribute to understand the connection between port's traffics and infrastructure facilities. The criteria to measure the port's infrastructure capacity and their relative position among others are basic, concrete and allow to establish an appropriate bench mark for ports. A systematic analysis is introduced in this study to identifying 57 European ports based on the technique of standardised principal components analysis in terms of their facilities and their traffic data which allow to clarify these influence and to compare it between European ports. Three clusters of similar European ports are identified within which port facilities and TEU traffic comparison can be made. The results shows interesting connections between commercial appeal and infrastructure facilities of ports. Moreover bench mark graphic analysis of individuals (ports) allow to explain port's evolutions and tendencies in the containers traffic activity. Furthermore, results highlight the close relationship between terminal adjacent container storage yard and port container total throughput in the European port system.

## 1. Introduction

Studying the ports characteristics which allow to compare their performances and their potential traffic attractive, the infrastructure facilities are looked as one principal attribute of ports. Recent benchmark for ports, and ports individual promotion services are usually based on yearly traffics (specially TEU's) and infrastructure facilities (Togzon, 1995; Fleming, 1997). Port infrastructures has been defined by European Parliament as follow: *“civil works (quays, berths and yards, reclaimed land, dredging of port basins, main port road and rail networks) and engineering works (setting up of port information systems and data bases) within the port area till the boundary set at the extremes of reinforced-concrete structures that allow the supply of services for ships and services for cargo”* (European Parliament, 1993).

Very often port benchmarking analysis tend to compare only the biggest ports in Europe such as Rotterdam, Antwerp or Hamburg, or to consider them as example of infrastructures requirements and level performance to get. This comparison criterion might be suggested to port authorities to increase infrastructures or handling facilities which are not, in some cases, really necessities. Otherwise, a single benchmark criterion might underestimate ports opportunities to search market niches with the actual infrastructures and facilities capacities.

It is obvious that main ports infrastructures and handling facilities, such as availability length dock, deep water access or number of gantry cranes are attributes among others, which might attract the traffics, and logically this argument is accepted without deep reflection. Nevertheless high costs of port infrastructure and handling equipment as well as necessities to find new potential traffic sources, justify the search for finest comparison and benchmarking tools.

Question is how to classify the different size ports to make fair comparison between its own infrastructures keeping the same parameters, and which is the true infrastructure's influence on traffic volumes? Groupings of European ports under homogeneous parameters of various characteristics are suggested. Ports gathering is based on the infrastructure sizes, handling facilities and one traffic criteria to provide a really combination factors approach, which give the ports relative positions. Furthermore the analysis of synthetic expressions such as principal components, resulting of simple (linear) relationships between port specific infrastructures, handling facilities and traffic, allow to underline the strong importance of infrastructures on port traffic attraction.

## 2. Methodology

Factor analysis such as Standardized Principal Components Analysis are used to discover hidden structures, and to achieve an objectivity which is difficult to attain with classical techniques. But the use of the technique of principal component analysis is dependent on a series of mathematical restraints and limitations peculiar to port activities.

### Identification of criteria

The first two quantitative criteria are mainly common to port infrastructures:

- (a) *Total Berth Length*: total berth length is measured in 1 000 meters (kilometers). Length of berth is the main attribute that shows port's capacity to accommodate simultaneously more of the cargo that will be loaded and unloaded for each calling vessels. Thus longer is total berth length, faster is the (theoretical) turnaround time of vessels in port, understood length berth as *an organised area and structures to load or discharge goods and passengers on/off ships* (European Parliament, 1993).
- (b) *RO/RO (Ramps)*: number of RO/RO ramps. This criterion is included because RO/RO traffic is increasing principally in the North Sea area and in Europe in general. So the RO/RO facilities in ports become an important attribute to profit from new strategies and tendencies of container traffics;

The next criteria are included in the analyse to reflect some general containers facilities that have been usually required to make ports minimally attractive to potential container shipping line clients (Slack, Comtois, Sletmo, 1996)

- (c) *CONT Dedicated Berth*: number of container exclusive berths. The number of container exclusive berths is an attribute which reflect the container handling offer of ports. The existence of dedicated berths guarantee a minimal careful in containers handling and huge number of berths means that ports could offer container fast loading and unloading services as well as competitive handling rates. Specific strand of research in transportation tried to determine the optimal number of container berths to minimising the total waiting cost of ships;
- (d) *CONT Berth Length*: length of dedicated containers berth in 1 000 meters (kilometers). Dedicated berths to container handling are one specially attractiveness to the freight shipping lines because they are guarantee of careful and rapidity in container handling operations. In spite of the latter variable (c) consideration, the inclusion of container length berth variable is relevant in this analys because number of berths may be eventually reduced if the lenght of containerships continue to grow. A minimal berth length with special equipment like gantry cranes is necessary to load or unload the biggest containerships. As a reference, at present a 8000 TEU ship need 450m of berth;
- (e) *CONT Max Depth*: maximal depth of water alongside dedicated containers berths in meters. Depth of water is the port attribute which allow the largest ship operations, as reference depths around 10m allow docking ships until 5000 TEU and the major shipping lines have the 8000 TEU ships which need 14 meters minimal depth (a 14.50 meters depth is required for the maximum draft of 13.70 meters). This exigency might increase to 18 meters if new generation 12000 TEU containerships will start its services, then depth has an important role in the port attractiveness;
- (f) *CONT Storage Surface*: (often extensive & adjacent to berth) backup storage area for containers in 10 000 m<sup>2</sup> (hectare). The amount of space required for a container port depends on the volume of containers being moved, the number of containers that are stripped and stuffed at the terminals, the length of stay of containers at the terminals, and the different storage methods which can accommodate different number of container per unit of land (Hayut, 1985). Storage area is an attribute which allows regulation of flows volumes in the transport chains: more storage area provides both better freight flows regulation and better handling capacity, then the port might to improve their offer;
- (g) *CONT Storage Capacity*: number of TEU that may be stored on the adjacent storage area measured in 1 000 TEU (TEU storage capacity measurement may also refer to the number of containers that can be processed in a given period of time, such as a day). Container handling in port is a space-demanding system. Enough containers must be accumulated in the port area before the arrival of a ship to allow fast loading once the vessel is in port (Hayut, 1985). Adequate backup yards dedicated to container storage testify care and capacity for container handling. Such a quality of port services is more and more asked by shippers and the hierarchy in the quality of port services appears to be a new trend that were till recent times, largely based on identical facilities who ever is the client;
- (h) *Reefers Plugs*: number of reefer plugs. Highly advanced logistics systems allow the transport of delicate goods as perishable food, chemical products and medicines in container. We assume that

the existence of reefer plugs testify both port's performance and efficiency, owing to the diversity of containerised goods loading (perishable goods);

- (i) *CONT Gantry Cranes 2000*: number of specialized ship-to-shore cranes. Big number of specialized yard equipment such as gantry cranes, running along tracks that adjoin a long length of wharf, reduce the ships loading/unloading times and then the handling port capacity increases, which can reduce vessel calling times. Short vessel calling times in port should attract the shipping lines to find the maximal ships profitability (knowing that the basic criterion guiding a shipowner in choosing a port remains the total quality of service).

Data sources for previous ten criteria are both *Lloyd's Port of the world, European Sea Ports Organization Handbook* and various *European Port Authorities Web Sites*.

Further, the tenth criteria relates 2000 TEU total throughput:

- (j) *CONT Traffic 2000*: number/1 000 TEU of total containers handled (2000). The basic data source for *CONT Traffic 2000* is the annual survey of world container ports activity made by the journal *Containerisation international*.

### Selection of ports and data collection

This study restricts the scope of the analysis to a limited number of European seaports. The final sample of ports analysed were presented in Table 1. Many differences exist between ports infrastructures and traffics in Europe, then one can consider various criteria to port selection, but the objective of this paper is to analyse the infrastructure influence on port traffics and propose efficient European ports gathering. Use of a selection criterion founded on the particular ports characteristics might introduce *a priori* on tendency in the analysis that will alter findings and will not give a relevant general grouping for selected European ports. Thus problem is that one cannot either make "pre - grouping" under the ports characteristics, neither consider the whole (different sized) European ports. To solve this problem we made an initial cross discrimination for ports first by the population importance of associated city - considering all European ports next to cities over 200.000 inhabitants, second by 2000 total port cargo traffic over 20. 000 million metric tons. We assume that a huge part of this overall traffic serves several coastal urban industrial centres close to city ports in Europe. These two criteria provide one indirect measure of economical ports potential and allow to classify them without tendency of data input.

Port data were chosen to have a significant representation of berth conditions and traffic, with the objective to clarify the true connections and dependencies between them. 4 selected European transshipment ports as Algeciras, Felixstowe, Gao Tauro and Marsaxlokk without any linked city, were also included in the analysis because of huge traffic and major role in containers transit. Both ports are the extreme bounds of container dedicate ports vocation.

On the contrary, 12 selected European ports out of 57: Bari, Ghent, Gijon, Kiel, Malmo, Palermo, Rostock, Santander, Stockholm, Tarragona, Turku and Tyne, are not strictly speaking container ports with 2000 TEU total throughput lower than 50.000 (see table 2: *CONT Traffic 2000* column & table 3: Simple statistics). These smaller ports were also included in the analysis to propose a benchmarking for European ports founded not only on TEU throughput but even based on infrastructures or handling facilities.

**Table 1. The 57 Selected European container seaports: International Port Codes**

Port Name	Port Code	Port Name	Port Code
Aarhus	AAR	Leixoes	LEO
Algeciras	ALI	Lisbon	LIS
Amsterdam	AMS	Liverpool	LPL
Antwerp	ANR	Malmo	MMA
Barcelona	BCN	Marsaxlokk	MKO
Bari	BRI	Marseilles + Fos	MRS / FOS
Belfast	BFS	Nantes + Montoir	NTE / MOO
Bilbao	BIO	Oslo	OSL
Bordeaux + le Verdon	BOD / VDN	Palermo	PMO
Bremen/Bremerhaven	BRE	Piraeus	PES
Cadiz	CDX	Rostock	RTK
Copenhagen	CPH	Rotterdam/Europoort	RTM
Dublin	DUB	Rouen	URO
Duisburg	DUI	Salerno	SLR

Dunkirk	DKK	Santander	SDR
Felixstowe	FXT	Southampton	SOU
Genoa	GOA	Stockholm	STO
Ghent	GHN	Tarragona	TAA
Gijon	GIJ	Teesport	TES
Gioia Tauro	GIO	Thessaloniki	SKG
Gothenburg	GOT	Tilbury	TIL
Hamburg	HAM	Trieste	TRS
Helsinki	HEL	Turku	TKU
Immingham	IMM	Tyne	TYE
Kiel	KEL	Valencia	VAL
Kotka	OTK	Venice	VCE
La Spezia	LSZ	Vigo	VGO
Le Havre	LEH	Zeebrugge	ZEE
Leghorn	GHO		

Source : Port Autonome du Havre

### Analysing the data

The standardised principal component analysis is here employed to develop comprehensive indexes (i. e. transformed variables or factors) reflecting the fifteen individual measures of port infrastructures and TEU total throughput and to identify those significant indicators underlying the classification of European ports.

The data for these indicators (or variables) for the 57 respective European ports are presented in Table 2.

**Table 2. 57 Selected European container seaports: Capability Data**

PORT CODE	CONT Traffic 2000 (1 000TEU)	Total Berth Length (1 000m)	RO/RO (Ramps)	CONT Dedicated Berth	CONT Berth Length (1 000 m)	CONT Max Depth (m)	CONT Storage Surface (10 000 m2)	CONT Storage Capacity (1 000 TEU)	Reefer Plugs	CONT Gantry Cranes 2000
AAR	404.000	13.500	1	3	1.500	14	106.0000	23.000	1 500	6
ALI	2 009.122	8.265	5	2	1.799	16	53.6000	9.425	1 458	18
AMS	52.829	15.860	3	9	2.965	13.7	63.6000	52.200	75	12
ANR	4 082.334	130.000	15	106	9.911	15.3	316.4979	229.037	1 192	16
BCN	1 387.570	12.958	2	9	2.550	16	38.4000	0.700	474	13
BFS	191.200	16.774	1	8	1.524	9	42.7000	8.600	60	10
BIO	434.404	18.000	5	5	2.069	14	20.0000	10.200	260	8
BOD / VDN	53.267	4.550	1	3	0.600	12.5	6.2000	0.000	36	3
BRE	2 712.420	31.233	5	14	3.840	14.5	206.5858	41.500	1 774	43
BRI	1.310	2.500	0	7	0.990	9.7	7.6000	5.800	0	5
CDX	76.361	4.132	1	1	0.580	12	19.5000	0.000	0	3
CPH	125.000	16.500	1	4	0.750	10	10.0000	5.500	140	3
DKK	148.531	16.000	1	8	0.880	14.5	8.5500	5.000	180	6
DUB	445.000	9.336	5	7	2.323	11	37.0800	6.900	246	8
DUI	340.000	40.000	1	3	0.830	4.5	12.0000	21.000	32	3
FXT	2 800.000	3.756	4	15	3.756	15	229.1670	66.968	1 381	23
GHN	9.900	22.271	4	4	0.560	13	1.2000	0.000	0	0
GHO	501.339	3.139	0	7	1.210	12.5	41.2000	180.000	120	8
GIJ	19.204	6.382	2	1	0.317	9	20.2220	0.000	0	0
GIO	2 652.701	4.155	1	1	3.155	15	95.0000	24.000	1 680	14
GOA	1 500.632	30.000	8	17	5.141	15	134.8877	24.551	856	22
GOT	685.000	11.955	1	8	2.700	12	155.0000	34.000	304	8
HAM	4 248.247	69.000	11	29	7.993	16.5	383.7000	121.884	2 995	49

HEL	376.340	22.652	1	17	5.540	9.6	83.1000	11.880	85	2
IMM	548.004	3.725	10	3	2.09	11	51.0914	3.11	220	11
KEL	18.189	4.833	12	1	4.558	10	0.0000	0.000	36	0
LEH	1 464.901	28.000	12	16	4.750	14	175.0000	36.000	872	15
LEO	281.258	5.000	1	2	0.900	11	14.9700	15.000	307	4
LIS	398.150	4.249	1	3	1.574	14	30.7652	20.644	720	7
LPL	540.000	20.924	6	3	0.707	12.7	55.5690	16.500	160	0
LSZ	909.962	4.541	1	5	0.987	14	17.0000	13.000	270	11
MKO	1 033.052	3.426	0	5	2.478	15.5	47.4646	9.623	656	16
MMA	34.960	2.000	7	3	1.050	9.2	8.5000	0.000	110	6
MRS / FOS	726.000	14.199	33	13	2.920	14	51.5000	2.500	236	8
NTE / MOO	116.471	2.531	0	12	1.773	13.2	21.0000	0.000	180	2
OSL	164.160	11.500	15	1	14.130	11	123.4255	0.000	0	6
OTK	258.000	5.410	6	2	1.298	10	20.0000	8.000	200	2
PES	1 161.099	18.095	1	3	3.100	16.5	60.0000	30.500	288	14
PMO	21.300	3.740	1	8	0.700	14	7.8000	3.800	125	3
RTK	1.683	3.095	3	4	0.743	10.3	10.0000	3.000	20	0
RTM	6 275.000	39.476	11	14	9.605	16.65	512.4600	44.050	2 892	95
SDR	3.358	4.794	4	2	0.839	13	10.7900	0.000	0	1
SKG	229.745	6.500	1	3	1.312	12	18.0000	4.000	150	4
SLR	275.963	2.471	0	13	1.654	11	5.0000	0.000	56	5
SOU	1 062.000	8.528	5	4	1.350	15	78.7875	12.100	408	12
STO	30.435	17.700	2	1	0.480	10.4	10.0000	5.030	30	2
TAA	44.854	6.584	4	1	0.489	14	2.1250	2.040	3	2
TES	244.631	1.450	1	6	1.262	10.9	23.8400	4.000	165	4
TIL	504.000	6.666	1	3	1.600	13	58.9000	9.000	322	11
TKU	17.939	5.100	1	4	0.980	10	28.0500	0.000	28	0
TRS	206.134	12.128	4	5	1.350	18	35.0000	9.000	150	7
TYE	40.626	5.165	5	3	0.514	10.5	11.1500	0.740	92	1
URO	145.590	12.690	1	6	1.800	10.5	26.0800	11.000	138	7
VAL	1 308.010	8.379	2	7	3.482	16	190.0000	50.000	800	18
VCE	210.000	21.250	5	3	0.510	11.5	18.5000	10.000	72	5
VGO	145.460	4.098	5	3	0.730	10	6.5000	1.500	0	2
ZEE	965.345	8.404	6	22	7.857	18	224.9100	10.900	574	18

Source: *Containerisation international yearbook 2002 and Lloyd's List 2002 Ports of the World*

One objective of the principal component analysis is to find combinations of the selected variables  $X_1, X_2, \dots, X_{10}$ , to produce indexes (factors  $F_1 \dots F_{10}$ ) that are not correlate. The lack of correlation is a useful property because it means that the indexes are measuring different dimensions in the ports infrastructures & traffic data. These factors are also ordered so that  $F_1$  displays the largest amount of variation,  $F_2$  the second largest, and so on.  $F_s$  are called principal components. By examining the contribution of each principal components to the total variance and excluding those principal components whose variances (represented by the eigen values of the correlation matrix) are less than 1, variations in the ports infrastructures & traffic data can be adequately described by a few principal components. Thus, some economy in the use of data can be achieved. Further, through this analysis we can obtain an appropriate weighting for each variable which can be used in indexing the overall characteristics of an European (container) port.

Of course, these indexes ( $F_s$  factors) are used to discriminate European ports. In fact, this is our main objective to reach. The given recognition of the European ports into significant groups in terms of basic relations between ports infrastructures represents our aim in this study of the European Seaports System.

### 3. Analysis of statistical variables and principal components

Let us note that a principal components analysis does not always work in the sense that original variables are reduced to a small number of factors. Indeed, if the original variables ( $X_s$ ) are uncorrelated then the analysis does nothing...

The results of the standardize principal component analysis are presented in Table 3.

Although there is a “not so bad” deal of redundancy in the original variables except  $X_3$  and both  $X_6$ ,  $X_8$ , and  $X_2$  without any linear correlation with  $X_6$  (see in Table 3: Correlation matrix), so we assume that it is quite conceivable that 10 original variables can be adequately represented by two principal components F1, F2.

And yet, two principal components are identified which explain almost 74% of the total variance (Table 3: Eigenvalues of the correlation matrix). In fact, it is a matter of judgement as to how many components are important. We argue that only the first two should be considered because they are the only ones with eigenvalues more than 1.000 (5.815 & 1.531 see Table 3: Eigenvalues of the correlation matrix). So it will be assumed that a small number of indices are required to present the main aspects of differences between the European container seaports.

Table 3. Principal component analysis results

### Simple statistics

Criteria	Variable	Mean	Std	Min	Max
CONT Traffic 2000 (1 000 TEU)	$X_1$	783.210	1202.250	1.310	6275.000
Total Berth Length (1 000m)	$X_2$	14.378	19.492	1.450	130.000
RO/RO (Ramps)	$X_3$	4.316	5.400	0.000	33.000
CONT Dedicated Berth	$X_4$	8.281	14.260	1.000	106.000
CONT Berth Length (1 000 m)	$X_5$	2.510	2.691	0.317	14.130
CONT Max Depth (m)	$X_6$	12.722	2.629	4.500	18.000
CONT Storage Surface (10 000 m <sup>2</sup> )	$X_7$	70.982	99.613	0.000	512.460
CONT Storage Capacity (1 000 TEU)	$X_8$	21.354	40.862	0.000	229.037
Reefer Plugs	$X_9$	440.842	658.716	0.000	2995.000
CONT Gantry Cranes 2000	$X_{10}$	10.211	14.613	0.000	95.000

### Correlation matrix (given in lower triangular form)

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$
$X_1$	1.000									
$X_2$	0.613	1.000								
$X_3$	0.322	0.372	1.000							
$X_4$	0.536	0.863	0.344	1.000						
$X_5$	0.611	0.534	0.512	0.529	1.000					
$X_6$	0.543	0.199	0.169	0.276	0.341	1.000				
$X_7$	0.904	0.611	0.361	0.554	0.754	0.509	1.000			
$X_8$	0.565	0.710	0.179	0.749	0.418	0.288	0.568	1.000		
$X_9$	0.908	0.465	0.224	0.347	0.509	0.558	0.842	0.446	1.000	
$X_{10}$	0.892	0.394	0.253	0.266	0.555	0.502	0.865	0.346	0.851	1.000

### Eigenvalues of the correlation matrix

Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
5.815	4.284	58.154	58.154
1.531	0.554	15.314	73.468
0.978	0.334	9.776	83.244
0.643	0.237	6.432	89.676
0.407	0.129	4.066	93.742

0.277	0.140	2.772	96.514
0.137	0.029	1.370	97.884
0.108	0.040	1.076	98.960
0.068	0.032	0.678	99.638
0.036	-	0.362	100.000

### Eigenvectors

	F1	F2	F3	F4	F5
X <sub>1</sub>	-0.936	0.227	0.082	0.110	-0.118
X <sub>2</sub>	-0.760	-0.531	0.108	0.089	-0.107
X <sub>3</sub>	-0.452	-0.231	-0.789	-0.140	-0.302
X <sub>4</sub>	-0.712	-0.614	0.143	-0.127	0.031
X <sub>5</sub>	-0.761	-0.085	-0.387	0.061	0.498
X <sub>6</sub>	-0.571	0.383	0.102	-0.713	0.047
X <sub>7</sub>	-0.943	0.168	-0.025	0.134	0.106
X <sub>8</sub>	-0.697	-0.443	0.377	-0.059	-0.035
X <sub>9</sub>	-0.842	0.404	0.118	0.107	-0.153
X <sub>10</sub>	-0.814	0.477	-0.008	0.207	-0.058

The principal component F1 is a weighted average of all ten variables X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, ..., X<sub>10</sub>. F1 component is the most important principal component, it could be used as an index of size of container ports in Europe and also as an index of overall European container port traffic and infrastructure performances and has the following overall negative coefficients (see Table 3: F1 Eigenvectors).

$$F1 = \boxed{-0.936 X_1} - 0.760 X_2 - 0.452 X_3 - 0.712 X_4 - 0.761 X_5 - 0.571 X_6 \boxed{-0.943 X_7} - 0.697 X_8 - 0.842 X_9 - 0.814 X_{10}.$$

First Component description with the help of 2 active variables					
Criteria	Variable	Coordinate	Weight	Mean	Std
CONT Storage Surface	X <sub>7</sub>	-0.936	57.00	70.982	99.613
CONT Traffic 2000	X <sub>1</sub>	-0.943	57.00	783.210	1202.250
Non Significant Central Zone	This zone contains 8 remaining variables				

Often promotion of ports, ports development infrastructure programs and containers appeal capacity of ports are associated with productivity and number of gantry cranes, containers berth length, number of straddle carriers, number of reefer plugs and other container facilities. Obviously each infrastructure facility might attract different types of liners & shippers that depend on particular choice criteria. The existence of various containers facilities is useful to containers handling treatment. So what is the relative importance of different facilities?

We notice that container storage surface (when measured in hectares) have a strong close relation with container traffic, then we assume that backup storage surface is the most efficient infrastructure above all to increase, attract and keep container traffics in European ports. In fact, only two criteria: *CONT Storage Surface* & *CONT Traffic 2000* are (statistically) necessary and sufficient to understand the meaning of F1. 8 remaining criteria are not indispensable for describing F1: they are included in a broad "Non Significant Central Zone".

So we name F1: "Surface-Traffic close relation" or "Size of container ports in Europe".

**This F1 factor has a variance of 5.81 and explains around 58.15% of the total variance (Table 3. compared to F2, the second component which has a variance of 1.53).**

The second principal component is

$$F2 = 0.227X_1 - 0.531X_2 - 0.231X_3 - 0.614X_4 - 0.085X_5 + 0.383X_6 + 0.168X_7 - 0.443X_8 + 0.404X_9 + 0.477X_{10}$$

F1 & F2 are uncorrelated. F2 primarily appears to be a contrast between variables  $X_4$  (*Container Dedicated Berths*) and  $X_2$  (*Total Berth Length*) on the one hand and variables  $X_9$  (*Reefer Plugs*) and  $X_{10}$  (*CONT Gantry Cranes 2000*) on the other. That is to say that F2 will be high if  $X_4$  and  $X_2$  are high but  $X_9$  and  $X_{10}$  are low. On the other hand, F2 will be low if  $X_4$  and  $X_2$  are low but  $X_9$  and  $X_{10}$  are high. In making this interpretation variable with coefficient close to zero:  $X_5$  is ignored because it will not affect the value of F2 greatly.

Second Component description with the help of active variables					
Criteria	Variable	Coordinate	Weight	Mean	Std
CONT Dedicated Berth	$X_4$	-0.614	57.00	8.281	14.260
Total Berth Length	$X_2$	-0.531	57.00	14.378	19.492
Non Significant Central Zone	This zone contains 6 remaining variables including $X_5$				
Reefer Plugs	$X_9$	0.40	57.00	440.842	658.716
CONT Gantry Cranes 2000	$X_{10}$	0.48	57.00	10.211	14.613

This second factor explains around 15.31% of the total variance and seems to show a double cross opposition between four relevant infrastructure criteria. It may be named as a level index of container joint modernization and specialization in Europe that discriminates non-specialized general cargo ports (including also containers handling activities) in the one hand, and highly container dedicated ports (and even exclusive container terminals) on the other hand (see *graphic oppositions* in figure 1).

The first (and major) cross opposition appears between variables  $X_4$  (*Container Dedicated Berths*) and  $X_{10}$  (*Container Gantry Cranes*). Ports with important length of berths dedicated to containers are facing ports with low number of gantry cranes. We explain this inverse relation by the ports "containerships admission capacity". Large length of container dedicated berths provide a high containerships admission capacity to ports. But, in case of ports with lower length of container dedicated berths (or restricted by natural conditions but not restricted by nautical access conditions), improvement of ports container ships admission capacity might be provided by the increasing number of gantry cranes. Relative to *phase III of Hayuth's five-phase model* for containerized port systems concerning: Diffusion, Consolidation and Port Concentration "Fully cellular container ships and specialized gantry cranes have entered service" (Wang, 1998).

Higher the number of gantry cranes is, faster are loading & discharging container operations and quicker containerships should leave port of call. Therefore, tidy number of gantry cranes compensate the lack of container dedicated berths length.

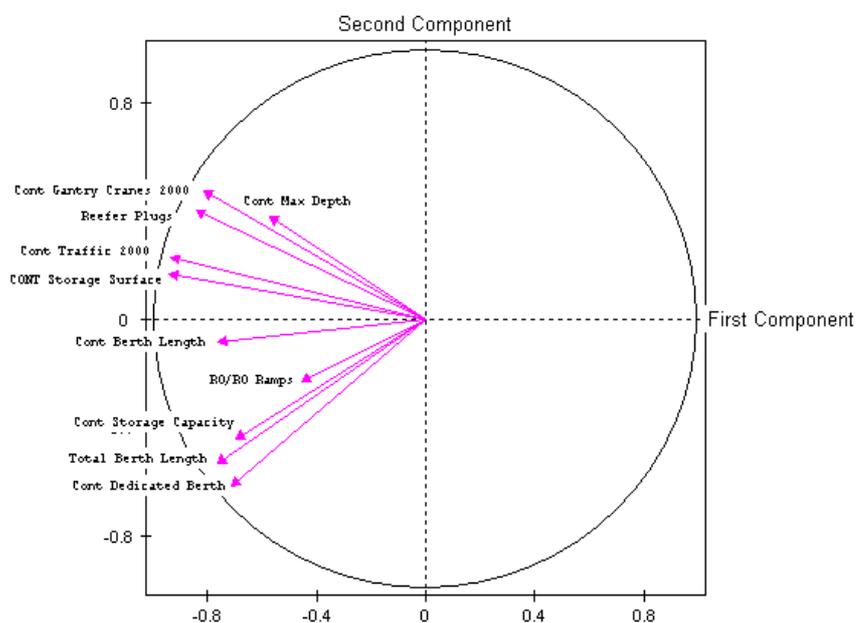
The second (and minor) cross opposition appears between variables  $X_2$  (*Total Berth Length*) and  $X_9$  (*Reefer Plugs*). To explain this second inverse relation, we consider the large number of reefer plugs as an indicator of high specialization and performance in container traffic.

With exception of a few ports operating all types of cargo as Antwerp (general cargo port), most of ports follow various specialization tendencies such as containers or Ro/Ro or even bulks traffics.

In a way, we consider that a large total berth length is connected with an important range of water depth (alongside berths). So huge total length of port berths might be considered as an indicator of various types of traffics. Therefore, we assume that this opposite relation between total berth length and number of reefer plugs, might show on one hand, a degree of high "containers traffic specialization" and on the other hand, the ports "various types of calling and traffics appeal capacity".

Other principal components (factors F3 to F10 whose variances are less than 1 see Table 3. Eigenvalues of the correlation matrix) are not contributing much to the total variance (maximum proportion of the total variance for each factor is less than 9.78%) and therefore can be neglected.

**Figure 1. Correlation Circle for the first two principal components**



#### 4. Single cluster analysis of individuals : European container ports by differentiate component

Figure 2 presents a plot of F1 versus F2 where the 3 letters codes represent the distinct ports in the European sample. This gives an unpublished grouping among European ports.

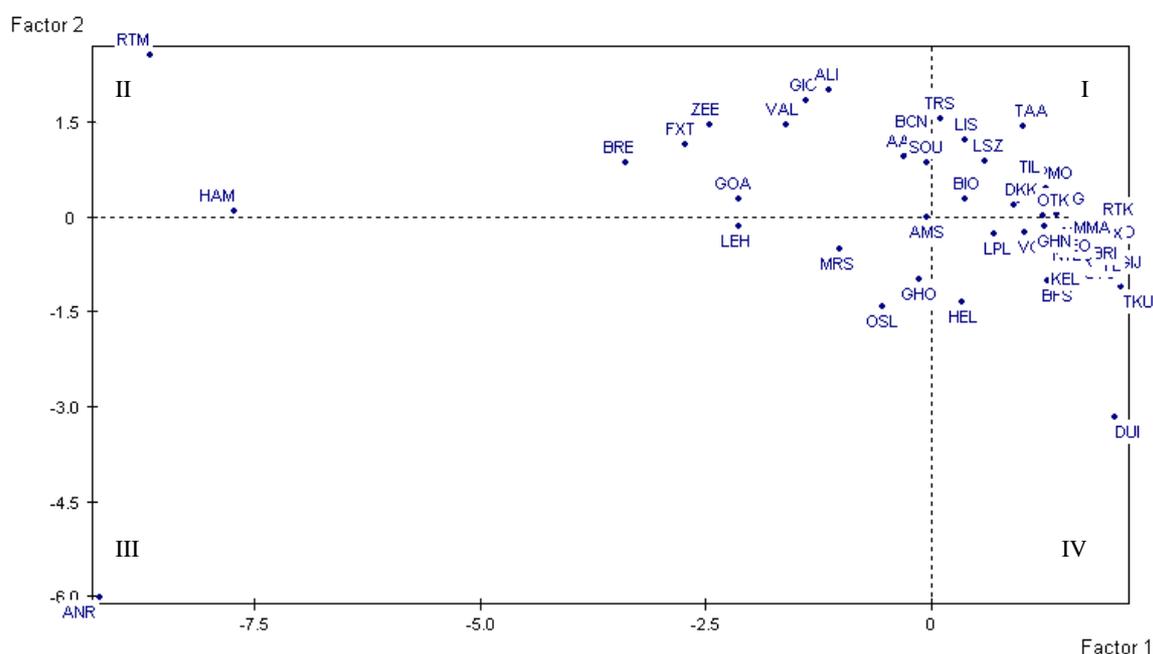
We identify three groupings of port depending on large F1 coordinate in contrast with low F1 coordinate plus a remaining 50% non significant grouping of ports with F1 coordinates from 0.25 down to -1.45. The group with low F1 coordinate is explaining a better and closer relation between surface and traffic performance compared to other ports. This group consists of:

- Northern Range Leading Container Ports such as Antwerp, Rotterdam/Europoort, Hamburg, Bremen/Bremerhaven, Felixstowe, Zeebrugge, Le Havre and
- Mediterranean Major European Ports such as Genoa, Valencia, Gioia Tauro, Algeciras, Marseilles + Fos, Piraeus and finally
- one unique North Sea / Baltic sea Port: Oslo.

The group with large F1 coordinate consists of Tarragona, Copenhagen, Duisburg, Santander, Malmo, Stockholm, Bordeaux + Le Verdon, Tyne, Vigo, Bari, Turku, Rostock, Gijon and is showing *a lack of spatial concentration*.

We identify three groupings of port depending on large F2 coordinate in contrast with low F2 coordinate plus a remaining 50% non significant grouping of ports with F2 coordinates close to 0 from 0.36 down to -0.57. The group with large F2 coordinate consists of highly container dedicated ports and terminals such as Rotterdam/Europoort, Gioia Tauro, Algeciras, Bremen/Bremerhaven, Marsaxlokk, Felixstowe, Valencia, Aarhus, Barcelona, Southampton, Zeebrugge, Lisbon, Piraeus and La Spezia. The group with low F2 coordinate consists of quite general cargo ports such as Antwerp not so close to Duisburg... Plus Leghorn, Helsinki, Marseilles + Fos, Oslo, Kiel, Belfast, Venice, Ghent, Copenhagen, Stockholm, Amsterdam and Liverpool.

**Figure 2. Classification of European Container Ports Plan**  
(plot of F1 Principal Component versus F2 Principal component with F1 on abscissa & F2 on ordinate )



## 5. Cross cluster analysis of individuals : European container ports

The combination of F1/ F2 principal components shapes an interesting ports classification euclidean plan which represents 4 different specialization levels of containers ports. So, analysis of F1 port coordinates combined with F2 port coordinates allow us now to identify the position of each port relative to others (in the plot of F1 vs. F2 which are not correlated). *Quadrants I to IV* or zones of plan F1 versus F2 provide a useful graphic issue of infrastructure, traffic and containers specialisation facilities (see Figure 2.).

1<sup>st</sup> quadrant (I) may be named as *Ever - Green Containers Terminals*. This zone is clustering the container dedicated ports with traffic up to 1.000.000 TEU. Main characteristics of this ports are both small sized and specialized container infrastructures, performed containers facilities, and reduced adjacent container storage surfaces.

2<sup>nd</sup> quadrant (II) may be named as *Developed Containers Terminals*. This quadrant is clustering the principal container terminals in Europe. General characteristics of these ports are large, modern and specialized infrastructures for container handling, performed containers facilities, large backup storage surfaces and traffics from 2 up to 6,5 millions TEU per year. We consider this quadrant as the container hubs zone (including feederships/motherships transshipment and cross trade).

3<sup>rd</sup> quadrant (III) may be named as *Developed General Cargo Ports*. This zone clusters the principal general cargo ports in Europe. The activities in these ports are greatly diversified in function of huge variety of goods traffics. Thus, infrastructures keep various specialisation. The container traffics in this category are bigger than half million TEU per year. In this quadrant III, we identify major European ports with larger bulk traffics than their related container traffics. Then, container traffics are not the unique important market niche for these ports. We consider this ports as regional hubs looking for a better place in the European container hub system.

4<sup>th</sup> quadrant (IV) may be named as *Second Rank General Cargo Ports*. This graphic zone is clustering at last, general cargo ports with container traffics close or less than half million TEU per year. As well as quadrant III, these ports do not depend on container traffic exclusively. This group may be characterised one the one hand, by a low number of dedicated berths with short length (relative to total length berth), and the other hand, by low level of container handling equipment. In the context of European container shipping activity, we consider this fourth quadrant as the *feeders ports zone*.

Figure 2 shows a plot of the values and four distinct quadrants for the first two principal component, which between them account for 73.46% of the variation of the data. The figure demonstrates quite clearly how various ports are at an advantage (or at a disadvantage) compared with the others, when facing specific competition within each given quadrant.

Obviously each port is an individual complex system with its own and exclusive characteristics, so any clustering of ports might be disputable and we do not pretend that our grouping results are exclusive.

## 6. Summary and conclusion

J. L. Togzon wrote in 1995 “*One of the difficulties faced by port authorities in assessing port efficiency is finding appropriate benchmarks. This is because the efficiency of a port must be compared with other ports of similar characteristics so that the assessment can be justified*” (Togzon, 1995). Further, analytic combination of F1 Principal component seems to provide a quite relevant tool for our 57 selected European container ports benchmarking that put close relationship between terminal adjacent container storage yard (when measured in hectares) and port container total throughput in an obvious place.

Moreover, double cross opposition provided by F2 linear combination highlights, on the one hand that the lack container dedicated berths could be compensated by huge number of ship-to-shore gantry cranes, and in the other hand, that high specialization in container traffic does not seem to move towards the huge increasing of total berth length (in the European port system).

In addition, we distinguish 3 clouds of clustering European ports. Each cloud shows the relative ports importance regardless of their own degree of container specialization. In these thorough three clouds of clustering ports, non-specialized general cargo ports and container ports are always mixed. Thus, we obtain another bench mark tool which allow to identify the principally competition and possible partnership among ports for each single port according to traffic appeal importance of ports (such as an index of *Heavy containers traffics gravity*).

For exemple:

- in the huge size ports cloud, we find also Antwerp and Hamburg;
- in the second size cloud ports such as Marseille and Gioia Tauro are included;
- and finally in the small ports cloud, we find ports as Duisburg and Tilbury.

### **Each pair of ports has an evident specialized opposition.**

Finally, the figure 2 graphically displays a clear cluster of 4 port groupings according to container specialized infrastructure and size capacities. This 4-quadrant plan allow to compare the infrastructure characteristics of each port with the infrastructure characteristics of others ports which have the same vocation (containers or non-specialized general cargo) and the same level of *heavy containers traffics gravity*. Thus, we obtain a third tool to explain the evolution and tendencies of each European port about the containers traffics. This *Classification of European Container Ports Plan* tool may help decision-making for European Port Infrastructure Projects because it shows the way to develop specific types of traffics. We assume that optimized infrastructure development projects of quadrant I (*Ever-Green Containers Terminals*), need to be planned in a given direction towards quadrant II port model (*Developed Containers Terminals*). In same progressive way, quadrant IV (*Secondary General Cargo Ports*) will reach the best profit from their own infrastructures and various traffics characteristics if they move towards quadrant III ports model (*Developed General Cargo Ports*).

## Acknowledgments

This study is sponsored by the *French Ministry of Research's Actions Concertées Incitatives Jeunes Chercheurs (ACI JC) 2001-2004 Research Program 'The Comparison between NW European and East Asian container flows'*; and it is also part of the *University of Le Havre Institut de Recherches Stratégiques Industrielles et Territoriales (IRSIT) Research Program 2002-2004* relative to “*Key Indicators enable to characterize and compare European port cities & seaports according to transport and urban activities*”.

Authors, of course, are responsible for any errors in this paper.

## Notes and References

- Benzecri. J. P. (1973) **L'analyse de données. tome 1**. Dunod. Paris
- Benzecri. J. P. (1980) **L'analyse de données. tome 2**. Dunod. Paris
- Bryan. F. J., Manly (1994) **Multivariate statistical Methods. A primer**. Chapman & Hall (2<sup>nd</sup> edition)
- Jackson. J. E. (1991) **A User's Guide to principal Components**. Wiley. New York
- Bekemans. L. Beckwith. S. (eds) (1996) **Ports for Europe – Europe's Maritime Future in a Changing Environment**. European Interuniversity Press, Brussels, 445 p.
- Chadwin. M. L. Pope. J. A. Talley. W. K. (1990) **Ocean Container Transportation – An Operational Perspective**. Taylor & Francis, New York, 141 p.
- Chapon. J. (1984) **Travaux maritimes. tome 2**. Presses de L'Ecole nationale des Ponts et Chaussées (ENPC), Paris
- Chlomoudis. C.I. Pallis. A. A. (2002) **European Union Port policy – The Movement towards a Long-Term Strategy**. Edward Elgar, Cheltenham, UK, 231 p.
- Frankel. E. G. (1998) China's maritime developments. **Maritime Policy & Management**. Vol.?. n°?. pp. 235-?
- Fleming. D. K. (1997) World container ranking. **Maritime Policy & Management**. Vol.24. n°2. pp. 175-181
- Hayuth. Y. (1985) Seaports: The Challenge of Technological and functional Changes. In **Ocean Yearbook 5** Edited by Elisabeth Mann Borgese & Norton Ginsburg. The University of Chicago Press. pp. 79-101
- European parliament (1993) **European Sea Port Policy**. Directorate General for Research Working Papers., Transport Series, E-1, External Study, Luxembourg, 123 p.
- European Society of Transport Institutes (1988) **The maritime-land interface in commercial ports**. International Seminar, Barcelona September 29-30 1988. Generalitat de Catalunya – Departament de Política Territorial i Obres Públiques – Institut Català per al Desenvolupament del Transport, 230 p.
- Slack. B. Comtois. C. Sletmo. G. (1996) Shipping lines as agents of change in the port industry. **Maritime Policy & Management**. Vol.23. n°3. pp. 289-300
- Togzon. J. L. (1995) Systematizing international benchmarking for ports. **Maritime Policy & Management**. Vol.22. n°2. pp. 171-177
- Tsinker. G. P. (1997), **Handbook of Port and Harbor Engineering**, Chapman & Hall, pp. 151-154
- Wang. J.J. (1998) A container load centre with a developing hinterland: A case study of Honk Kong. **Journal of Transport Geography**. Vol.6. n°3. pp. 187-201
- EPSO (1998) **The ports of Europe – European Sea Ports Organization Handbook 1998/99**. Compass Publications Ltd, Norfolk, 212 p.
- EMAP Business (2002)** Containerisation International Yearbook 2002
- Informa UK Ltd (2001)** Lloyd's List 2002 Ports of the World – Volume 2. 995 p.

Annexe 2 : Matrices O-D d'assignation de flux routiers à partir des données de l'Enquête transit 1999, Ministère de l'Équipement des transports et du Logement

<b>Matrice 1</b>										
<i>Matrice Origine-Destination entre régions françaises et ibériques</i>										
<i>Transport Routier</i>										
(en milliers de tonnes)										
<b>O-D</b>	<b>Aquitaine</b>	<b>Languedoc-Rou.</b>	<b>Midi-Pyrénées</b>	<b>Ile de France</b>	<b>Rhône-Alpes</b>	<b>PAICA</b>	<b>Norm.-Pas de Cal.</b>	<b>Pays de la Loire</b>	<b>Centre</b>	<b>Poitou-Charente</b>
<i>Catalogne</i>	828,843433	1094,26814	385,961613	473,016047	385,657227	285,51419	168,934302	166,194827	151,279907	116,275502
<i>Pays Basque</i>	439,353848	580,050343	204,590775	250,736643	204,429425	151,345542	89,5488012	88,0966585	80,1905481	61,6353911
<i>Valence</i>	270,397961	356,988862	125,914291	154,314518	125,81499	93,1447989	55,1123277	54,2186143	49,3528412	37,9331697
<i>Madrid</i>	146,851111	193,877981	68,3831099	83,8070606	68,32918	50,5862438	29,9310931	29,445724	26,803159	20,6012208
<i>Castille et Leon</i>	149,421434	197,271411	69,5800138	85,2739286	69,52514	51,4716506	30,4549745	29,9611101	27,2722925	20,9618023
<i>Aragon</i>	113,779624	150,215845	52,9829463	64,9333585	52,9411617	39,1940092	23,1904852	22,8144233	20,766975	15,9617393
<i>Andalousie</i>	204,597697	270,117047	95,2735511	116,762696	95,1984142	70,478384	41,7009628	41,024731	37,3430244	28,7022843
<i>Navarre</i>	89,1045246	117,638915	41,4926888	50,8514253	41,4599459	30,6941036	18,1612233	17,866717	16,2632937	12,5001573
<i>Nord Portugal</i>	84,3065886	111,304512	39,2584482	48,1132717	39,2274873	29,0413442	17,1833113	16,904663	15,3875779	11,8270719
<i>Lisbonne</i>	42,1532943	55,652256	19,6292241	24,0566358	19,6137436	14,5206721	8,59165565	8,45233151	7,69378894	5,91353596
<i>Murcie</i>	77,7951041	102,707822	36,2262916	44,397206	36,197722	26,7983135	15,856145	15,5990183	14,1991064	10,9135989
<i>Galice</i>	49,6929079	65,606318	23,1401422	28,3594487	23,1218929	17,1178655	10,1283746	9,96413064	9,06991379	6,97124158
<i>Centre Portugal</i>	55,518973	73,2980933	25,8531244	31,6843496	25,8327355	19,1247876	11,3158392	11,1323391	10,133283	7,78855956
<i>Cantabrie</i>	34,6136807	45,6981939	16,118306	19,7538229	16,1055944	11,9234787	7,05493676	6,94053238	6,31766409	4,85583034
<i>Castille La Man</i>	32,7287773	43,2096784	15,2405764	18,6781197	15,228557	11,2741804	6,67075703	6,56258259	5,97363287	4,59140394
<i>Maroc</i>	41,6392298	54,9735699	19,3898433	23,7632622	19,3745516	14,3435907	8,48687937	8,34925429	7,59996224	5,84141967
<i>Asturies</i>	23,1329054	30,5408722	10,7721352	13,2018123	10,7636398	7,96866151	4,71493298	4,63847461	4,22220125	3,24523315
<i>La Rioja</i>	16,4500661	21,7179536	7,66018501	9,38795545	7,65414386	5,66660374	3,35284123	3,29847083	3,00245422	2,30772135
<i>Extremadure</i>	13,3656787	17,6458373	6,22390032	7,6277138	6,21899188	4,60411554	2,7241835	2,68000755	2,43949405	1,8750236
<i>Aleantejo (Portug</i>	5,3120005	7,01308917	2,47360141	3,03152728	2,47165062	1,82984079	1,08268831	1,06513121	0,96954251	0,74520169
<i>Algarve (Portug</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total sud-nord</b>	<b>2719,05884</b>	<b>3589,79674</b>	<b>1266,16475</b>	<b>1551,7508</b>	<b>1265,16619</b>	<b>936,642376</b>	<b>554,196715</b>	<b>545,209741</b>	<b>496,280662</b>	<b>381,447108</b>



<b>Matrice 2</b>										
<i>Matrice Origine-Destination entre régions françaises et ibériques</i>										
<i>Transport Routier</i>										
(en milliers de tonnes)										
<b>O-D</b>	<b>Catalogne</b>	<b>Pays Basque</b>	<b>Valence</b>	<b>Madrid</b>	<b>Castille et Leon</b>	<b>Aragon</b>	<b>Andalousie</b>	<b>Navarre</b>	<b>Nord Portugal</b>	<b>Lisbonne</b>
<i>Aquitaine</i>	1777,96893	775,006182	244,338061	350,702411	256,5665	251,490544	113,286108	115,824086	96,9046135	127,360349
<i>Languedoc-Rou.</i>	1151,41604	501,89547	158,233791	227,115544	166,152951	162,865752	73,3642976	75,0078969	62,755611	82,478803
<i>Midl-Pyrénées</i>	1238,69306	539,939007	170,227868	244,33084	178,747298	175,210931	78,9252909	80,6934746	67,5124688	88,7306733
<i>Île de France</i>	357,115129	155,664381	49,0766833	70,4405653	51,5328346	50,5133001	22,7541563	23,2639235	19,4638404	25,5810474
<i>Rhône-Alpes</i>	472,016521	205,749221	64,8670511	93,1047382	68,1134663	66,7658978	30,0752805	30,7490648	25,7263092	33,8117207
<i>PACA</i>	493,635599	215,172849	67,8380611	97,3690773	71,2331671	69,8238778	31,4527743	32,157419	26,9046135	35,3603491
<i>Nord-Pas de Cal.</i>	372,728907	162,470335	51,2224127	73,5203658	53,7859518	52,7218412	23,7490129	24,2810682	20,3148379	26,6995012
<i>Pays de la Loire</i>	255,025042	111,163913	35,045914	50,3034081	36,8009144	36,0728387	16,2493246	16,6133624	13,8996259	18,2680798
<i>Centre</i>	170,150145	74,167446	23,3829489	33,5619285	24,5532003	24,0674356	10,8413861	11,0842685	9,27369077	12,1882793
<i>Poitou-Charente</i>	206,582294	90,048005	28,3896509	40,7481297	29,8104738	29,2206983	13,1627182	13,457606	11,2593516	14,798005
<i>Haute-Normandie</i>	182,961451	79,7518184	25,1435474	36,0889443	26,4019119	25,8795719	11,6576787	11,9188487	9,97194514	13,105985
<i>Bretagne</i>	119,305278	52,004468	16,3955736	23,5328346	17,2161264	16,8755195	7,60172485	7,77202826	6,50249377	8,54613466
<i>Lorraine</i>	161,342373	70,3281899	22,1725374	31,8246052	23,2822111	22,8215919	10,280185	10,5104946	8,7936409	11,5573566
<i>Alsace</i>	132,516937	57,763352	18,2111908	26,1388196	19,1226101	18,7442851	8,4435266	8,63268911	7,22256858	9,4925187
<i>Picardie</i>	145,328242	63,3477244	19,9717893	28,6658354	20,9713217	20,5564214	9,2598192	9,46726933	7,92082294	10,4102244
<i>Auvergne</i>	86,8766625	37,8690254	11,9390586	17,1363259	12,5365752	12,2885495	5,53548421	5,65949709	4,73503741	6,22319202
<i>Champagne-Ar.</i>	96,8854946	42,2318163	13,3145282	19,1105569	13,9808811	13,704281	6,1732128	6,31151288	5,28054863	6,94014963
<i>Bourgogne</i>	93,6826683	40,8357232	12,8743766	18,478803	13,5187032	13,2512469	5,96913965	6,10286783	5,10598604	6,71072319
<i>Franche-Comté</i>	67,2593516	29,3179551	9,24314214	13,2668329	9,70573566	9,51371571	4,28553616	4,38154613	3,66583541	4,81795511
<i>Limousin</i>	81,6720698	35,6003741	11,2238155	16,1097257	11,7855362	11,5523691	5,20386534	5,32044888	4,45137157	5,85037406
<i>Basse-Normandie</i>	64,0565254	27,921862	8,80299252	12,635079	9,24355777	9,06068163	4,08146301	4,17290108	3,49127182	4,58852868
<b>Total sud-nord</b>	<b>7727,21872</b>	<b>3368,24912</b>	<b>1061,91599</b>	<b>1524,18537</b>	<b>1115,06193</b>	<b>1093,00135</b>	<b>492,351985</b>	<b>503,382273</b>	<b>421,156484</b>	<b>553,51995</b>

Murcie	Galice	Centre Portugal	Cantabrie	Castille La Man	Maroc	Asturies	La Rioja	Extremadure	Alentejo (Portug	Algarve (Portug
40,146197	63,218724	51,4517352	55,8355154	38,9925707	16,6122195	21,6881754	27,9177577	5,30668121	6,69103283	3,69160432
25,9987531	40,94056653	33,3202411	36,1591854	25,2516625	10,7581047	14,0453034	18,0795927	3,43661679	4,33312552	2,390688994
27,9694514	44,0438487	35,8459061	38,9000416	27,1657315	11,5735661	15,1099335	19,4500208	3,69711139	4,66157523	2,57190357
8,06359102	12,6978387	10,3343724	11,2148795	7,83187864	3,33665835	4,35619285	5,60743973	1,06587697	1,34393184	0,74147963
10,6580424	16,7833541	13,6594451	14,8232544	10,3517768	4,41022444	5,75779302	7,41162718	1,4088217	1,7763404	0,98004988
11,146197	17,5520574	14,2850686	15,502182	10,825904	4,61221945	6,02150873	7,75109102	1,47334788	1,8576995	1,02493766
8,41614713	13,2530133	10,7862116	11,7052161	8,17430382	3,48254364	4,5466542	5,85260806	1,11247922	1,40269119	0,77389859
5,75841646	9,06785121	7,38003948	8,00883209	5,59294472	2,38279302	3,11086886	4,00441604	0,76116999	0,95973608	0,52950956
3,84195761	6,04997922	4,9238882	5,3434123	3,73155653	1,58977556	2,07554032	2,67170615	0,50784497	0,64032627	0,35328346
4,66458853	7,34538653	5,97817955	6,48753117	4,53054863	1,93017456	2,51995012	3,24376559	0,61658354	0,77743142	0,42892768
4,13123441	6,50550707	5,29462801	5,74573982	4,01252078	1,70947631	2,23181629	2,87286991	0,54608271	0,68853907	0,37988362
2,69389027	4,24210308	3,45251455	3,74667498	2,61647963	1,11471322	1,45532003	1,87333749	0,35608894	0,44898171	0,24771405
3,6430798	5,73680382	4,66900457	5,06681214	3,5383936	1,5074813	1,96810058	2,53340607	0,48155653	0,60717997	0,33499584
2,99220698	4,71186617	3,83483998	4,16157523	2,90622402	1,23815461	1,61647963	2,08078761	0,39552161	0,49870116	0,27514547
3,28148379	5,16739401	4,2055798	4,56390274	3,18718828	1,36785536	1,77275561	2,28195137	0,43375935	0,54691397	0,30174564
1,96165835	3,08904821	2,51407938	2,72828346	1,90528886	0,8117207	1,05974647	1,36414173	0,25929967	0,32694306	0,18038238
2,18765586	3,44492934	2,80371987	3,04260183	2,12479219	0,90523691	1,18183707	1,52130091	0,2891729	0,36460931	0,20116376
2,11533666	3,33104738	2,71103491	2,94201995	2,05455112	0,87531172	1,14276808	1,47100998	0,27961347	0,35255611	0,19451372
1,51870324	2,3915212	1,94638404	2,11221945	1,47506234	0,62842893	0,82044888	1,05610973	0,20074813	0,25311721	0,13965087
1,84413965	2,90399002	2,36346633	2,56483791	1,79114713	0,76309227	0,99625935	1,28241895	0,24376559	0,30735661	0,16957606
1,44638404	2,27763924	1,85369909	2,01163757	1,40482128	0,59850374	0,78137988	1,00581879	0,19118869	0,24106401	0,13300083
174,479115	274,754468	223,614038	242,666355	169,465347	72,1982544	94,2588321	121,333177	23,0633313	29,0798625	16,0440565

H.Martell, 2004, élaboration à partir des données de l'Enquête transit 1999, Ministère de l'Équipement des transports et du Logement

<b>Matrice 3</b>												
<i>Matrice Origine-Destination entre régions centre-européennes et ibériques</i>												
<i>Transport Routier</i>												
<i>(en milliers de tonnes)</i>												
<b>O-D</b>	<b>Westphalie</b>	<b>Lombardie</b>	<b>Pays-Bas Oues</b>	<b>Flandres Belge</b>	<b>Bade Wurtemb</b>	<b>Italie Nord-oue: Bayern</b>	<b>Italie Nord-est</b>	<b>Gde Bretagne s</b>	<b>Pays Bas Sud</b>			
Catalogne	331,184323	280,131325	228,198102	143,916643	217,635412	151,398548	156,679893	118,390144	185,287176	90,6630839		
Valence	317,245155	268,340918	218,593505	137,859356	208,475387	145,026356	150,085415	113,407238	177,488651	86,8471785		
Madrid	66,2540735	56,040821	45,6514779	28,7908067	43,5383912	30,2875765	31,3441198	23,6841804	37,0670631	18,1373278		
Pays Basque	125,28043	105,968098	86,3227946	54,4407981	82,3271397	57,2710537	59,2688811	44,7846321	70,0904465	34,296038		
Andalousie	159,784175	135,152993	110,097136	69,434452	105,001029	73,0441942	75,5922474	57,1188611	89,3942027	43,7415814		
Murcie	123,903722	104,803613	85,3741924	53,8425476	81,4224458	56,6417014	58,6175748	44,2924933	69,3202218	33,9191584		
Lisbonne	40,8710194	34,5706363	28,161626	17,7605626	26,8580985	18,6838946	19,3356583	14,610371	22,8660454	11,1886113		
Nord Portugal	44,4848779	37,6274084	30,6517066	19,3309702	29,2329198	20,3359442	21,0453376	15,9022354	24,8878852	12,1779201		
Castille et Leon	52,3149048	44,2504145	36,0468813	22,7335201	34,378366	23,9153851	24,7496427	18,7012749	29,2685381	14,3214224		
Aragon	54,5520553	46,142702	37,5883597	23,7056772	35,8484935	24,9380824	25,8080156	19,5010005	30,5201532	14,9338517		
Navarre	41,4733291	35,0800983	28,5766394	18,0222972	27,253902	18,9592362	19,6206049	14,8256818	23,2030187	11,3534961		
Centre Portugal	29,1690012	24,6725173	20,0985078	12,6754331	19,1682008	13,3344005	13,7995541	10,4271911	16,3191356	7,98513521		
Castille La Man	28,1364702	23,7991539	19,3870562	12,2267452	18,4896804	12,8623864	13,3110743	10,058087	15,741467	7,70247556		
Galice	29,5992225	25,0364187	20,394946	12,8623864	19,4509176	13,5310731	14,0030873	10,5809845	16,5598308	8,10291007		
Cantabrie	15,746098	13,3187925	10,849637	6,84249042	10,3474358	7,19821623	7,44931679	5,62883769	8,80944486	4,31055972		
Asturies	10,4973987	8,87919501	7,2330913	4,56166028	6,89829055	4,79881082	4,96621119	3,75255846	5,87296324	2,87370648		
La Rioja	8,77651364	7,42358927	6,04733883	3,81384712	5,76742325	4,01212052	4,15207821	3,13738494	4,91018238	2,40260706		
Maroc	9,46486765	8,00583157	6,5216397	4,11297239	6,21977017	4,32679664	4,4777314	3,38345435	5,29529472	2,59104682		
Extremadure	8,43233663	7,13246813	5,8101881	3,66428449	5,54124979	3,85478246	3,98925162	3,01435024	4,71762621	2,30838717		
Aleantejo (Portug	6,3672746	5,38574124	4,38728489	2,7669087	4,18420902	2,9107541	3,01229204	2,27614202	3,56228918	1,74306786		
Autres	1,63484078	1,38282545	1,12646504	0,7104225	1,07432394	0,74735578	0,77342633	0,58441484	0,91464182	0,44754445		
<b>Total sud-nord</b>	<b>1505,17209</b>	<b>1273,14556</b>	<b>1037,11868</b>	<b>654,074781</b>	<b>989,113087</b>	<b>688,078869</b>	<b>712,081413</b>	<b>538,061517</b>	<b>842,096278</b>	<b>412,04711</b>		



<b>Matrice 4</b>										
<i>Matrice Origine-Destination entre régions centre-européennes et ibériques</i>										
<i>Transport Routier</i>										
<i>(en milliers de tonnes)</i>										
<b>O-D</b>	<b>Catalogne</b>	<b>Valence</b>	<b>Madrid</b>	<b>Pays Basque</b>	<b>Andalousie</b>	<b>Murcie</b>	<b>Lisbonne</b>	<b>Nord Portugal</b>	<b>Castille et Leon</b>	<b>Aragon</b>
<i>Westphalie</i>	501,034958	155,965591	187,302788	121,566713	63,8450369	22,7825026	87,7081325	70,8688915	55,9206882	49,617229
<i>Lombardie</i>	433,822952	135,043377	162,176804	105,258984	55,2804588	19,7263132	75,9424074	61,362089	48,4191325	42,9612592
<i>Pays-Bas Oues</i>	379,170764	118,030871	141,74608	91,9986578	48,3163321	17,2412299	66,3753279	53,6318101	42,3193826	37,5490818
<i>Flandres Belge</i>	419,905314	130,711	156,973949	101,88213	53,5069855	19,0934659	73,5060704	59,3935086	46,86678	41,5830029
<i>Bade Wurtemb</i>	286,839119	89,2892441	107,229577	69,5961198	36,5508511	13,0428284	50,2123116	40,5719602	32,0142151	28,4055274
<i>Italie Nord-ouest</i>	231,847477	72,1710695	86,6719541	56,2534318	29,543469	10,5423098	40,5858093	32,7936673	25,8765786	22,959734
<i>Bayern</i>	196,204747	61,0759563	73,3475688	47,6053932	25,0016472	8,92160332	34,3464096	27,7521811	21,8984809	19,4300531
<i>Italie Nord-est</i>	242,710024	75,5524373	90,7327192	58,8890245	30,9276432	11,0362394	42,4873406	34,3301202	27,0889513	24,0354463
<i>Gde Bretagne s</i>	139,515832	43,429443	52,1554512	33,8508938	17,7779879	6,34390824	24,422793	19,7338173	15,5714111	13,8161796
<i>Pays Bas Sud</i>	233,205296	72,5937405	87,1795498	56,5828808	29,7164908	10,604051	40,8235007	32,9857239	26,0281252	23,094198
<i>Emilie Romagnh</i>	179,232018	55,7925691	67,0026234	43,4872796	22,838875	8,14983833	31,3752669	25,3514734	20,0041486	17,7492526
<i>Nieder Saxe</i>	145,965469	45,4371301	54,5665304	35,415777	18,5998414	6,63717894	25,5518272	20,6460863	16,2912574	14,4548838
<i>Hesse</i>	126,956012	39,5197364	47,4601916	30,8034897	16,1775365	5,77280215	22,2241474	17,9672936	14,1696053	12,5723873
<i>Italie centre</i>	130,690013	40,6820816	48,8560796	31,7094747	16,6533463	5,94259045	22,8777988	18,4854493	14,5863584	12,9421634
<i>Bruxelles</i>	90,2949179	28,10762	33,7551095	21,9083643	11,5059484	4,10578976	15,8064792	12,771765	10,0778476	8,94185834
<i>Rheinland Pfalz</i>	114,396193	35,6100299	42,764932	27,7560857	14,577085	5,20169605	20,0255018	16,1807699	12,7677994	11,328595
<i>Autriche</i>	96,0656458	29,9039717	35,9123909	23,308523	12,241291	4,36818986	16,8166677	13,5880056	10,7219206	9,51333049
<i>Suisse</i>	83,8452809	26,0999329	31,3440303	20,3434812	10,6840949	3,81251907	14,6774449	11,8594961	9,35800134	8,30315417
<i>Pologne</i>	44,4685498	13,8424745	16,6237569	10,7894576	5,6664633	2,02202428	7,78439387	6,28985419	4,96315051	4,40369715
<i>Maltonie</i>	142,910378	44,4861204	53,4244402	34,6745165	18,2105424	6,49826124	25,0170215	20,2139589	15,9502776	14,1523397
<i>Autres</i>	1347,97413	419,606613	503,915563	327,060582	171,767372	61,2935757	235,968153	190,664206	150,447868	133,489171
<b>Total sud-nord</b>	<b>5567,05509</b>	<b>1732,95101</b>	<b>2081,14209</b>	<b>1360,74126</b>	<b>709,389299</b>	<b>253,138918</b>	<b>974,534806</b>	<b>787,432127</b>	<b>621,34098</b>	<b>551,302544</b>

Navarre	Centre Portugal	Castille La Man Galice	Cantabrie	Asturies	La Rioja	Maroc	Extremadure	Alestejo (Portug Autres		
28,5456653	29,7163077	28,4556159	19,8108718	11,436276	13,3273138	10,4457324	6,93380514	2,79153194	3,60197669	4,32237203
24,7163687	25,7299738	24,6383991	17,1533158	9,90214142	11,5395034	9,04447563	6,00366055	2,41705814	3,1187847	3,74254164
21,6026478	22,4885608	21,5345006	14,9923739	8,65468855	10,0857788	7,90506986	5,24733085	2,11256177	2,72588616	3,27106339
23,9234336	24,9045208	23,8479653	16,6030138	9,58446709	11,1693002	8,75431639	5,81105485	2,33951559	3,01872979	3,62247575
16,3422	17,0123848	16,2906473	11,3415899	6,54719053	7,62979684	5,98011104	3,96955646	1,59813312	2,06210725	2,4745287
13,2091392	13,7508389	13,16747	9,16722592	5,29198951	6,16704289	4,83362821	3,20852907	1,29174547	1,66676835	2,00012202
11,1784516	11,6368739	11,1431883	7,75791593	4,47843329	5,21896163	4,09053749	2,71527058	1,09316088	1,41053017	1,6926362
13,8280154	14,3950949	13,7843939	9,59672991	5,53993045	6,45598194	5,06009395	3,35885547	1,35226649	1,74485998	2,09383198
7,94869136	8,27466292	7,92361662	5,51644195	3,18449149	3,71106095	2,90866939	1,93075468	0,77731682	1,00298945	1,20358733
13,2864987	13,8313709	13,2445854	9,22091392	5,32298212	6,20316027	4,86193643	3,22731987	1,2993106	1,6765298	2,01183576
10,2114575	10,6302239	10,1792447	7,08681594	4,09102556	4,76749436	3,73668477	2,48038558	0,99859679	1,28851199	1,54621439
8,31614911	8,65718992	8,2899152	5,77145995	3,33170642	3,88261851	3,04313343	2,02001098	0,81325117	1,04935635	1,25922762
7,23311573	7,52974193	7,21029833	5,01982795	2,89780977	3,37697517	2,64681838	1,75693978	0,70733939	0,91269599	1,09523519
7,44585443	7,75120493	7,42236593	5,16746995	2,98303947	3,47629797	2,72466598	1,80861448	0,72814349	0,93953999	1,12744799
5,14440852	5,35537795	5,1281801	3,57025197	2,06100909	2,40180587	1,88249649	1,24958819	0,50308096	0,64913672	0,77896407
6,51754011	6,78482094	6,49698005	4,52321396	2,61112806	3,04288939	2,38496736	1,58312489	0,63736197	0,82240254	0,98688305
5,4731865	5,69763895	5,45592093	3,79842597	2,19272772	2,55530474	2,00280642	1,32944909	0,53523275	0,69062229	0,82874748
4,77695077	4,97285095	4,76188152	3,31523397	1,91379416	2,23024831	1,74803246	1,16033189	0,4671466	0,60276981	0,72332378
2,5335245	2,63742298	2,5255323	1,75828198	1,01500824	1,18284424	0,92709414	0,61539869	0,24775792	0,31968763	0,38362516
8,14209017	8,47599292	8,11640534	5,65066195	3,26197303	3,8013544	2,97943994	1,97773168	0,79622964	1,02739308	1,2328717
76,79867	79,9481423	76,5564029	53,2987815	30,7679214	35,8555305	28,1029833	18,6545665	7,51028003	9,69068391	11,6288207
317,174059	330,181197	316,17351	220,120798	127,069733	148,081264	116,063893	77,0422793	31,0170215	40,0219633	48,0263559

H.Martell, 2004, élaboration à partir des données de l'Enquête transit 1999, Ministère de l'Équipement des transports et du Logement

## Annexe 3 : Données sur les lignes maritimes de cabotage, 2002.

Note : à cause du grand nombre de lignes de cabotage dont leurs données ont été extrais de la base « ci-online », nous exposons seulement quelques exemples de lignes de cabotage qui permettent d'étayer notre analyse

ci-online

# Liner Service Thursday, 07 November 2002

[Back](#)

[ships deployed](#)

## Tyrrhenian Line

**Trade Route** Intra-Med  
**Shipping Line** [Zim Israel Navigation Co Ltd](#)  
**Type of Service** Mainline service  
**Frequency** every 9 days  
**Fixed Day?** No  
**Total Vessels** 1  
**Shipboard Capacity** 1,181 TEU  
**Service Partners** Partner [Grimaldi Group](#)  
 Partner [Zim Israel Navigation Co Ltd](#)

[Link to Schedules](#) : [go](#)

	Transit Time	Day of Calling	Notes
<a href="#">Ashdod</a>	0		
<a href="#">Haifa</a>	1		
<a href="#">Valencia</a>	8		
<a href="#">Marseilles</a>	10		
<a href="#">Genoa</a>	11		
<a href="#">Leghorn</a>	13		
<a href="#">Naples</a>	14		
<a href="#">Ashdod</a>	20		

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

Copyright [Informa UK Ltd](#) ©2002 - all rights reserved.  
 Reproduction of this Web site, in whole or in part, in any form or medium without express written permission from Informa UK Ltd is prohibited.  
 Your use of this Web site is subject to our [Terms & Conditions](#).  
 Please read these carefully.

ci-online

# Liner Service Thursday, 07 November 2002

[Back](#)

[ships deployed](#)

## Bosphorus Service

<b>Trade Route</b>	Intra-Med
<b>Shipping Line</b>	<a href="#">Borchard Lines Ltd</a>
<b>Type of Service</b>	Mainline service
<b>Frequency</b>	every 8 days
<b>Fixed Day?</b>	No
<b>Total Vessels</b>	2
<b>Shipboard Capacity</b>	856 TEU

[Link to Schedules](#) : [go](#)

	<b>Transit Time</b>	<b>Day of Calling</b>	<b>Notes</b>
<a href="#">Barcelona</a>	0	Fri	
<a href="#">Marseilles</a>	3	Mon	
<a href="#">Genoa</a>	4	Tue	
<a href="#">Piraeus</a>	7	Fri	
<a href="#">Haydarpasa</a>	8	Sat	
<a href="#">Ambarli</a>	9	Sun	
<a href="#">Izmir</a>	10	Mon	
<a href="#">Piraeus</a>	12	Wed	
<a href="#">Barcelona</a>	15	Sat	

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

Copyright [Informa UK Ltd](#) ©2002 - all rights reserved.  
 Reproduction of this Web site, in whole or in part, in any form or medium without express written permission from Informa UK Ltd is prohibited.  
 Your use of this Web site is subject to our [Terms & Conditions](#).  
 Please read these carefully.

ci-online

# Liner Service Thursday, 07 November 2002

[Back](#)

[ships deployed](#)

## Marseilles/Oran

**Trade Route** Med-Af-Med  
**Shipping Line** [Sudcargos](#)  
**Type of Service** Mainline service  
**Frequency** 1 departure a week  
**Fixed Day?** No  
**Total Vessels** 1  
**Shipboard Capacity** 307 TEU

**Shipboard Capacity** 307 TEU

**Service Notes**

**Link to Schedules :** [go](#)

	Transit Time	Day of Calling	Notes
<a href="#">Marseilles</a>	0		
<a href="#">Barcelona</a>	1		
<a href="#">Mostaganem</a>	3		<a href="#">Notes</a>
<a href="#">Oran</a>	4		
<a href="#">Marseilles</a>	7		

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

Copyright [Informa UK Ltd](#) ©2002 - all rights reserved.  
 Reproduction of this Web site, in whole or in part, in any form or medium without express written permission from Informa UK Ltd is prohibited.  
 Your use of this Web site is subject to our [Terms & Conditions](#).  
 Please read these carefully.

ci-online

# Liner Service Thursday, 07 November 2002

[Back](#)

[ships deployed](#)

## Marseilles/Algiers

1

<b>Trade Route</b>	Med-Af-Med
<b>Shipping Line</b>	<a href="#">Sudcargos</a>
<b>Type of Service</b>	Mainline service
<b>Frequency</b>	3 departures a week
<b>Fixed Day?</b>	Yes
<b>Total Vessels</b>	1
<b>Shipboard Capacity</b>	310 TEU
<b>Service Notes</b>	Transit time is 36 hours on this service.
<b>Service Partners</b>	Slot-charter <a href="#">Compagnie Maritime Marfret</a> Partner <a href="#">Sudcargos</a>

[Link to Schedules](#) : [go](#)

	Transit Time	Day of Calling	Notes
<a href="#">Marseilles</a>	0		
<a href="#">Algiers</a>	2		
<a href="#">Barcelona</a>	5		
<a href="#">Valencia</a>	6		
<a href="#">Marseilles</a>	7		

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

Copyright [Informa UK Ltd](#) ©2002 - all rights reserved.  
 Reproduction of this Web site, in whole or in part, in any form or medium without express written permission from Informa UK Ltd is prohibited.

Your use of this Web site is subject to our [Terms & Conditions](#).  
 Please read these carefully.

ci-online

# Liner Service Friday, 08 November 2002

[Back](#)

## Marseilles/Algiers

1

<b>Trade Route</b>	Med-Af-Med
<b>Shipping Line</b>	<a href="#">Compagnie Maritime Marfret</a>
<b>Type of Service</b>	Relay service
<b>Frequency</b>	3 sailings a week
<b>Fixed Day?</b>	Yes
<b>Service Partners</b>	Slot-charter <a href="#">Compagnie Maritime Marfret</a> Partner <a href="#">Sudcargos</a>

Link to Schedules : [go](#)

	Transit Time	Day of Calling	Notes
<a href="#">Marseilles</a>	0		
<a href="#">Algiers</a>	2		
<a href="#">Barcelona</a>	5		
<a href="#">Valencia</a>	6		
<a href="#">Marseilles</a>	7		

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

Copyright [Informa UK Ltd](#) ©2002 - all rights reserved.  
 Reproduction of this Web site, in whole or in part, in any form or medium without express written permission from Informa UK Ltd is prohibited.

Your use of this Web site is subject to our [Terms & Conditions](#).  
 Please read these carefully.

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

ci-online

# Liner Service Thursday, 07 November 2002

[Back](#)

[ships deployed](#)

## Intra-Med

<b>Trade Route</b>	Intra-Med
<b>Shipping Line</b>	<a href="#">Sarlis Container Services SA</a>
<b>Type of Service</b>	Mainline service
<b>Frequency</b>	2 sailings a month
<b>Fixed Day?</b>	No
<b>Total Vessels</b>	1
<b>Shipboard Capacity</b>	1,102 TEU

[Link to Schedules](#) : [go](#)

	Transit Time	Day of Calling	Notes
<a href="#">Valencia</a>			
<a href="#">Barcelona</a>			
<a href="#">Marseilles</a>			
<a href="#">Leghorn</a>			
<a href="#">Salerno</a>			
<a href="#">Piraeus</a>			
<a href="#">Thessaloniki</a>			
<a href="#">Limassol</a>			
<a href="#">Beirut</a>			
<a href="#">Lattakia</a>			
<a href="#">Alexandria</a>			
<a href="#">Piraeus</a>			
<a href="#">Valencia</a>			

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

Copyright [Informa UK Ltd](#) ©2002 - all rights reserved.  
 Reproduction of this Web site, in whole or in part, in any form or medium without express written permission from Informa UK Ltd is prohibited.

Your use of this Web site is subject to our [Terms & Conditions](#).

ci-online

# Liner Service Thursday, 07 November 2002

[Back](#)

## Intra-Med

**Trade Route** Intra-Med  
**Shipping Line** [Byblos Transport Shipping Sarl](#)  
**Type of Service** Mainline service  
**Frequency** every 10 days  
**Fixed Day?** No

	Transit Time	Day of Calling	Notes
<a href="#">Barcelona</a>			
<a href="#">Valencia</a>			
<a href="#">Marseilles</a>			
<a href="#">La Spezia</a>			
<a href="#">Ravenna</a>			
<a href="#">Venice</a>			
<a href="#">Piraeus</a>		Sun	
<a href="#">Larnaca</a>		Mon	
<a href="#">Limassol</a>		Tue	
<a href="#">Beirut</a>		Wed	
<a href="#">Tripoli</a>		Sun	

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

Copyright [Informa UK Ltd](#) ©2002 - all rights reserved.  
 Reproduction of this Web site, in whole or in part, in any form or medium without express written permission from Informa UK Ltd is prohibited.  
 Your use of this Web site is subject to our [Terms & Conditions](#).  
 Please read these carefully.

ci-online

# Liner Service Friday, 08 November 2002

[Back](#)

[ships deployed](#)

## West Med Service

Trade Route Intra-Med  
 Shipping Line [Borchard Lines Ltd](#)  
 Type of Service Mainline service  
 Frequency 1 sailing a week  
 Fixed Day? No  
 Total Vessels 2  
 Shipboard Capacity 1,019 TEU

Link to Schedules : [go](#)

	Transit Time	Day of Calling	Notes
<a href="#">Barcelona</a>	0	Sun	
<a href="#">Marseilles</a>	1	Mon	
<a href="#">Genoa</a>	2	Tue	
<a href="#">Salerno</a>	3	Wed	
<a href="#">Ashdod</a>	7	Sun	
<a href="#">Haifa</a>	8	Mon	
<a href="#">Alexandria</a>	9	Tue	
<a href="#">Limassol</a>	10	Wed	<a href="#">Notes</a>
<a href="#">Barcelona</a>	14	Sun	

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

© Borchard Lines Ltd 2002 - all rights reserved.

ci-online

# Liner Service

Wednesday, 13 November 2002

[Back](#)

ships deployed

## West Med- Greece/Turkey

**Trade Route** Intra-Med  
**Shipping Line** [Mediterranean Shipping Co SA](#)  
**Type of Service** Relay service  
**Frequency** 1 sailing a week  
**Fixed Day?** Yes  
**Total Vessels** 1  
**Shipboard Capacity** 1,429 TEU

Link to Schedules :

	Transit Time	Day of Calling	Notes
<a href="#">Valencia</a>	0	Mon	
<a href="#">Barcelona</a>	2	Wed	
<a href="#">Fos (Marseilles)</a>	3	Thu	
<a href="#">Piraeus</a>	6	Sun	
<a href="#">Ambarli</a>	7	Mon	
<a href="#">Gemlik</a>	8	Tue	
<a href="#">Izmir</a>	9	Wed	
<a href="#">Valencia</a>	14	Mon	

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

Copyright [Informa UK Ltd](#) ©2002 - all rights reserved.  
 Reproduction of this Web site, in whole or in part, in any form or medium without express written permission from Informa UK Ltd is prohibited.  
 Your use of this Web site is subject to our [Terms & Conditions](#).  
 Please read these carefully.

ci-online

# Liner Service Wednesday, 13 November 2002

[Back](#)

[ships deployed](#)

## Portcon-NL 2

<b>Trade Route</b>	Intra-Eur
<b>Shipping Line</b>	<a href="#">Oldenburg-Portugiesische Dampfschiffs-Rhederei GmbH &amp; Co KG</a>
<b>Type of Service</b>	Mainline service
<b>Frequency</b>	2 sailings a week
<b>Fixed Day?</b>	Yes
<b>Total Vessels</b>	2
<b>Shipboard Capacity</b>	748 TEU
<b>Service Notes</b>	Transhipment to/from Scanspain & Scancon services via Rotterdam.
<b>Service Partners</b>	Partner <a href="#">Holland Maas Shipping BV</a> Partner <a href="#">NYK Line</a> Partner <a href="#">Oldenburg-Portugiesische Dampfschiffs-Rhederei GmbH &amp; Co KG</a> Partner <a href="#">Portlink</a>

**Link to Schedules :** [go](#)

	<b>Transit Time</b>	<b>Day of Calling</b>	<b>Notes</b>
<a href="#">Rotterdam</a>	0	Sat	<a href="#">Notes</a>
<a href="#">Lisbon</a>	4	Wed	
<a href="#">Leixoes</a>	5	Thu	<a href="#">Notes</a>
<a href="#">Le Havre</a>			
<a href="#">Rotterdam</a>	10	Tue	<a href="#">Notes</a>

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

Copyright [Informa UK Ltd](#) ©2002 - all rights reserved.  
 Reproduction of this Web site, in whole or in part, in any form or medium without express written permission from Informa UK Ltd is prohibited.  
 Your use of this Web site is subject to our [Terms & Conditions](#).

ci-online

# Liner Service Wednesday, 13 November 2002

[Back](#)

[ships deployed](#)

## West-East Med RoRo

**Trade Route** Intra-Med  
**Shipping Line** Grimaldi Group  
**Type of Service** Relay service  
**Frequency** every 10 days  
**Fixed Day?** No  
**Total Vessels** 2  
**Shipboard Capacity** 1,008 TEU

[Link to Schedules](#) : [go](#)

	Transit Time	Day of Calling	Notes
<a href="#">Valencia</a>	0		
<a href="#">Barcelona</a>	0		
<a href="#">Fos (Marseilles)</a>	0		
<a href="#">Savona</a>	0		
<a href="#">Leghorn</a>	0		
<a href="#">Salerno</a>	0		
<a href="#">Valletta</a>	0		
<a href="#">Piraeus</a>	0		
<a href="#">Ashdod</a>	0		
<a href="#">Haifa</a>	0		
<a href="#">Limassol</a>	0		
<a href="#">Alexandria</a>	0		
<a href="#">Valencia</a>	0		

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

Copyright Informa UK Ltd ©2002 - all rights reserved.  
 Reproduction of this Web site, in whole or in part, in any form or medium without express written permission from Informa UK Ltd is prohibited.

ci-online

# Liner Service Wednesday, 13 November 2002

[Back](#)

ships deployed

## Euromar

<b>Trade Route</b>	Eur-Af-Eur
<b>Shipping Line</b>	<a href="#">Feeder Associate Systems Sarl</a>
<b>Type of Service</b>	Mainline service
<b>Frequency</b>	1 sailing a week
<b>Fixed Day?</b>	No
<b>Total Vessels</b>	1
<b>Shipboard Capacity</b>	297 TEU
<b>Service Partners</b>	Partner <a href="#">CMA CGM SA</a> Partner <a href="#">Feeder Associate Systems Sarl</a>

	<b>Transit Time</b>	<b>Day of Calling</b>	<b>Notes</b>
<a href="#">Le Havre</a>	0	Fri	
<a href="#">Montoir (Nantes)</a>	2	Sun	
<a href="#">Dunkirk</a>	3	Mon	
<a href="#">Lisbon</a>	7	Fri	
<a href="#">Casablanca</a>	9	Sun	
<a href="#">Figueira da Foz</a>	11	Tue	
<a href="#">Le Havre</a>	14	Fri	

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

Copyright [Informa UK Ltd](#) ©2002 - all rights reserved.  
 Reproduction of this Web site, in whole or in part, in any form or medium without express written permission from Informa UK Ltd is prohibited.  
 Your use of this Web site is subject to our [Terms & Conditions](#).  
 Please read these carefully.

ci-online

# Liner Service Wednesday, 13 November 2002

[Back](#)

ships deployed [▶](#)

## [▶](#) Liverpool Express [▶](#)

**Trade Route** Eur-Med-Eur  
**Shipping Line** [Maersk Sealand](#)  
**Type of Service** Mainline service  
**Frequency** 1 sailing a week  
**Fixed Day?** Yes  
**Total Vessels** 3  
**Shipboard Capacity** 4,928 TEU

[Link to Schedules](#) : [go](#)

	Transit Time	Day of Calling	Notes
<a href="#">Liverpool</a>	0	Sun	
<a href="#">Le Havre</a>	1	Mon	
<a href="#">Lisbon</a>	4	Thu	
<a href="#">Algeciras</a>	6	Sat	
<a href="#">Gioia Tauro</a>	9	Tue	
<a href="#">Salerno</a>	10	Wed	
<a href="#">Algeciras</a>	14	Sun	
<a href="#">Leixoes</a>	17	Wed	
<a href="#">Liverpool</a>	20	Sat	

[▶](#) About ci-online

[▶](#) Customer Services

Copyright Informa UK Ltd ©2002 - all rights reserved.  
 Reproduction of this Web site, in whole or in part, in any form or medium without express written permission from Informa UK Ltd is prohibited.  
 Your use of this Web site is subject to our [Terms & Conditions](#).  
 Please read these carefully.

ci-online

# Liner Service Thursday, 07 November 2002

[Back](#)

[ships deployed](#)

## Intra-Med

<b>Trade Route</b>	Intra-Med
<b>Shipping Line</b>	<a href="#">Egyptian Navigation Co</a>
<b>Type of Service</b>	Mainline service
<b>Frequency</b>	every 15 days
<b>Fixed Day?</b>	No
<b>Total Vessels</b>	5
<b>Shipboard Capacity</b>	1,285 TEU

[Link to Schedules](#) : [go](#)

	Transit Time	Day of Calling	Notes
<a href="#">Genoa</a>	0		
<a href="#">Marseilles</a>	0		
<a href="#">Barcelona</a>	0		
<a href="#">Tarragona</a>	0		
<a href="#">Alexandria</a>	0		
<a href="#">Genoa</a>	0		

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

Copyright [Informa UK Ltd](#) ©2002 - all rights reserved.  
 Reproduction of this Web site, in whole or in part, in any form or medium without express written permission from Informa UK Ltd is prohibited.

Your use of this Web site is subject to our [Terms & Conditions](#).  
 Please read these carefully.

ci-online

# Liner Service Wednesday, 13 November 2002

[Back](#)

[ships deployed](#)

## Guiver Line

<b>Trade Route</b>	Eur-Af
<b>Shipping Line</b>	<a href="#">Portline-Transportes Maritimos Internacionais SA</a>
<b>Type of Service</b>	Mainline service
<b>Frequency</b>	2 sailings a month
<b>Fixed Day?</b>	No
<b>Total Vessels</b>	2
<b>Shipboard Capacity</b>	548 TEU

	<b>Transit Time</b>	<b>Day of Calling</b>	<b>Notes</b>
<a href="#">Bremerhaven</a> ( <a href="#">Bremen/Bremerhaven</a> )	0		
<a href="#">Hamburg</a>	0		
<a href="#">Rotterdam</a>	0		
<a href="#">Antwerp</a>	0		
<a href="#">Rouen</a>	0		
<a href="#">Leixoes</a>	0		
<a href="#">Lisbon</a>	0		
<a href="#">Porto Praia</a>	0		
<a href="#">Bissau</a>	0		

[About ci-online](#)

[Customer Services](#)

Copyright [Informa UK Ltd](#) ©2002 - all rights reserved.  
 Reproduction of this Web site, in whole or in part, in any form or medium without express written permission from Informa UK Ltd is prohibited.  
 Your use of this Web site is subject to our [Terms & Conditions](#).  
 Please read these carefully.

ci-online

# Liner Service Thursday, 07 November 2002

[Back](#)

[ships deployed](#)

## Red Sea/North Europe/West Med

<b>Trade Route</b>	Eur-Af-Med
<b>Shipping Line</b>	<a href="#">Ethiopian Shipping Lines</a>
<b>Type of Service</b>	Mainline service
<b>Frequency</b>	every 3 weeks
<b>Fixed Day?</b>	No
<b>Total Vessels</b>	6
<b>Shipboard Capacity</b>	2,692 TEU

	<b>Transit Time</b>	<b>Day of Calling</b>	<b>Notes</b>
<a href="#">Rotterdam</a>	0		
<a href="#">Bremen (Bremen/Bremerhaven)</a>	0		
<a href="#">Hamburg</a>	0		
<a href="#">Middlesbrough</a>	0		
<a href="#">Teesport</a>	0		
<a href="#">Uddevalla</a>	0		
<a href="#">Gdynia</a>	0		<a href="#">Notes</a>
<a href="#">Rostock</a>	0		<a href="#">Notes</a>
<a href="#">Djibouti</a>	0		
<a href="#">Rijeka</a>	0		<a href="#">Notes</a>
<a href="#">Bar</a>	0		<a href="#">Notes</a>
<a href="#">Trieste</a>	0		<a href="#">Notes</a>
<a href="#">Barcelona</a>	0		
<a href="#">Leghorn</a>	0		
<a href="#">Genoa</a>	0		<a href="#">Notes</a>
<a href="#">Marseilles</a>	0		<a href="#">Notes</a>

ci-online

## Liner Service Friday, 08 November 2002

[Back](#)
[ships deployed](#)

### Mediterranean- Black Sea Service

<b>Trade Route</b>	Intra-Med
<b>Shipping Line</b>	<a href="#">Navigation Maritime Bulgare</a>
<b>Type of Service</b>	Mainline service
<b>Frequency</b>	1 sailing a week
<b>Fixed Day?</b>	Yes
<b>Total Vessels</b>	3
<b>Shipboard Capacity</b>	1,326 TEU

[Link to Schedules](#) : [go](#)

	Transit Time	Day of Calling	Notes
<a href="#">Varna</a>	0		
<a href="#">Piraeus</a>	0		
<a href="#">Izmir</a>	0		
<a href="#">Valencia</a>	0		
<a href="#">Barcelona</a>	0		
<a href="#">Marseilles</a>	0		
<a href="#">Genoa</a>	0		
<a href="#">Piraeus</a>	0		
<a href="#">Haydarpasa</a>	0		
<a href="#">Constantza</a>	0		
<a href="#">Varna</a>	0		

[About ci-online](#)
[Customer Services](#)

Copyright Informa UK Ltd ©2002 - all rights reserved.

## Annexe 4 : Distances maritimes entre 30 ports européens

Note : à cause de la taille des matrices des données des distances routiers entre les 112 villes (112x112) et des distances maritimes entre les 57 ports (57x57), nous exposons dans cet annexe seulement la matrice des distances maritimes qui ont été recueillies ou estimées dans un premier moment pour le premier échantillon de 30 ports. Les matrices de données sont consultables au centre de documentation du CIRTAI.

**Matrice 7. Distances maritimes entre les ports retenus. Les ports représentent les nœuds de origine et de destination ou bien d'interface du trafic bimodal de conteneurs "mer-route" dans l'espace de l'Europe occidentale.**

(nautic milles)								
No. Port	O-D	Nord Portugal (Porto)	Lisbonne (Lisbonne)	Catalogne (Barcelone)	Valence (Valance)	Pays Basque (Bilbao)		
1	Nord Portugal (Porto)	0						
2	Lisbonne (Lisbonne)	176	0					
3	Catalogne (Barcelone)	836	842 ***	0				
4	Valence (Valance)	902 ***	680	170 ***	0			
5	Pays Basque (Bilbao)	436	610 ***	1385	1281 ***	0		
6	Galice (La Corogne)	177 ***	342 ***	1105 ***	816 ***	272 ***		
7	Cantabrie (Santander)	399 ***	557	1372 ***	1276 ***	36		
8	Algeciras *	478 ***	335 ***	534 ***	406 ***	903 ***		
9	Alicant	792 ***	629 ***	237 ***	104 ***	1198 ***		
10	Cartagena	724 ***	565 ***	305 ***	181 ***	1142 ***		
11	Gijon	335 ***	507 ***	1275	1198 ***	127 ***		
12	Tarragone	983 ***	820 ***	60 ***	134 ***	1410 ***		
13	Vigo	80 ***	260 ***	1075 ***	954 ***	410 ***		
14	Maroc (Cadix)	425 ***	284 ***	620 ***	514 ***	845 ***		
15	Aquitaine (Bordeaux)*	580	752 ***	1534	1420 ***	190 ***		
16	PACA (Marseille)	1175 ***	1018 ***	185 *	350 ***	1544 *		
17	Pays de la Loire (Nantes)	545 ***	720 ***	1517 ***	1393 ***	241 ***		
18	Cherbourg *	710 ***	870 ***	1635	1550 ***	530 ***		
19	Dunquerque	845	1010 ***	1810	1690 ***	674		
20	Le Havre	737	930 ***	1712	1600 ***	586 *		
21	Sète	1130 ***	980 ***	150 ***	310 ***	1560 ***		
22	Flandres Belges (Anvers)*	935	1107	1908	1780 ***	787		
23	Pays-Bas Ouest (Rotterdam)	938	1110	1906	1748	790		
24	Nieder Saxe (Brême)	1196	1330 ***	2116*	2020 ***	1029 *		
25	Hambourg* *****	1197	1380 ***	2170	2031	1049 *		
26	Gênes *	1318 ***	1166	352 *	510 ***	1701 *		
27	La Spezia	1341 ***	1192 ***	380 ***	540 ***	1765 ***		
28	Gdansk	1580 ***	1752 ***	2540	2400	1400 ***		
29	Gde Bretagne Sud-Est (Lond)	891	1063	1834	1701	742 *		
30	Southampton	714	869 *	1650 *	1527 *	550 *		
	<b>O-D</b>	Nord Portugal (Porto)	Lisbonne (Lisbonne)	Catalogne (Barcelone)	Valence (Valance)	Pays Basque (Bilbao)		

Sources: Reed's Marine Distance Tables 2000, Thomas Reed Publications, Wiltshire UK  
 \* Brown's Nautical Almanac 2002, Brown, son & Ferguson, Glasgow UK  
 \*\*\* H. Martell Flores 2004, Estimation de routes maritimes et calcul de distances isométriques à partir des cartes de navigation SHOM: 7040, 7211, 7212, 7015, 7014 et GB 2182 A









## Annexe 5 : Programme informatique pour l'obtention des chaînes les plus courtes

## Sub Project()

```
*****
*****
```

```
'Version 77
```

```
'Basic data input
```

```
Dim Seedata As String, Analysetype As String, Newdata As String
```

```
Dim Cr As Single, Cm As Single, VPL As Single, VNav As Single, CePL As Single, CeNav As Single, PPL As Single, PNav As Single, CEAR As Single, DPP As Single, CPP As Single
```

```
'Default Parameters
```

```
'I) Mean Transport Costs
```

```
Cr = 1.05
```

```
Cm = 0.75
```

```
'II)Mean Speed Vehicle
```

```
VPL = (1 / 90)
```

```
VNav = (1 / 37)
```

```
'III)Mean Energy Consumption
```

```
CePL = 0.000276
```

```
CeNav = 0.0000638
```

```
'IV)Mean Pollution Produced
```

```
PPL = 36
```

```
PNav = (36 / 200)
```

```
'V) Highways Maintenance Costs
```

```
CEAR = 0.00007
```

```
'VI)Port's interconnection
```

```
DPP = 8
```

```
CPP = 80
```

```
0 Seedata = InputBox("Ce programme analyse différentes options de transport combiné 'maritime/routier' et compare les résultats des meilleures chaînes bimodales obtenues avec l'option de transport direct 'toute route'. Les critères d'analyse du programme sont : I)Coûts de transport; II)Delai de la desserte; III)Consommation énergétique; IV) Pollution générée; V)Coûts d'entretien d'autoroutes. Les calculs seront effectués en considérant le [conteneur maritime de 40 pieds, 25 ton de fret en moyenne] et le [Poids lourd, 15 ton de fret en moyenne] comme unités de transport pour chaque mode. Voulez-vous connaître plus sur les paramètres de calcul du programme ? Tapez Oui / Non s'il vous plaît ", "Bonjour!")
```

```
If Seedata = "Oui" Then GoTo 1
```

```
If Seedata = "oui" Then GoTo 1
```

```
If Seedata = "Non" Then GoTo 4
```

```
If Seedata = "non" Then GoTo 4
```

```
GoTo 0
```

```
1 Newdata = InputBox("Les paramètres moyens considérés pour le calcul en fonction du critère d'analyse sont les suivants : I) Coûts de transport route 0,07 euro/tkm, 0,03 euro/tkm; II) Vitesse PL = 90 km/h, Navire = 37 Km/h ( 20 noeud); III) Consommation énergétique PL = 0.000276 tep/km, Navire = 0.0000638 tep/km ; IV) Pollution générée PL = 1 mgCO/km, Navire = 0.3 mgCO/km; V) Coûts de entretien d'autoroutes, route 0,00007 euro/km. Les calculs considèrent aussi le passage portuaire dans les cas du transport bimodal 'mer/route', le coût moyen du passage est 80 euros et le délai moyen est de 8h. Voulez-vous modifier les paramètres ? Tapez Oui / Non s'il vous plaît", "Paramètres du programme")
```

```
If Newdata = "Oui" Then GoTo 2
```

```
If Newdata = "oui" Then GoTo 2
```

```
If Newdata = "Non" Then GoTo 4
```

```
If Newdata = "non" Then GoTo 4
```

```
GoTo 1
```

## 2 'Parameters modification

```
Ans = InputBox("Quel est le paramètre à modifier ? 1) Coût moyen de transport routier [euro/km]; 2) Coût moyen de transport maritime [euro/km]; 3) Vitesse moyenne d'un PL [km/h]; 4) Vitesse moyenne d'un Navire [km/h]; 5) Consommation énergétique moyenne d'un PL [tep/km]; 6) Consommation énergétique moyenne d'un navire [tep/km]; 7) Pollution moyenne d'un PL [mgCO]; 8) Pollution moyenne d'un navire [mgCO]; 9) Coût de entretien d'autoroutes [euro/km]; 10) Délai moyen de passage portuaire d'un conteneur [heures]; 11) Coût global moyen de passage portuaire d'un conteneur [euros/passage]. Tapez le numero correspondante au paramètre à modifier s'il vous plaît", "Paramètres à modifier")
```

```
If Ans = "1" Then Cr = InputBox("Quelle est la nouvelle valeur [euro/km]?")
```

```
If Ans = "1" Then GoTo 3
```

```

If Ans = "2" Then Cm = InputBox("Quelle est la nouvelle valeur [euro/km]?")
If Ans = "2" Then GoTo 3
If Ans = "3" Then VPL = InputBox("Quelle est la nouvelle valeur [km/h]?")
If Ans = "3" Then GoTo 3
If Ans = "4" Then VNav = InputBox("Quelle est la nouvelle valeur [km/h]?")
If Ans = "4" Then GoTo 3
If Ans = "5" Then CePL = InputBox("Quelle est la nouvelle valeur [tep/km]?")
If Ans = "5" Then GoTo 3
If Ans = "6" Then CeNav = InputBox("Quelle est la nouvelle valeur [tep/km]?")
If Ans = "6" Then GoTo 3
If Ans = "7" Then PPL = InputBox("Quelle est la nouvelle valeur [mgCO]?")
If Ans = "7" Then GoTo 3
If Ans = "8" Then PNav = InputBox("Quelle est la nouvelle valeur [mgCO]?")
If Ans = "8" Then GoTo 3
If Ans = "9" Then CEAR = InputBox("Quelle est la nouvelle valeur [euro/km]?")
If Ans = "9" Then GoTo 3
If Ans = "10" Then DPP = InputBox("Quelle est la nouvelle valeur [heures/passage]?")
If Ans = "10" Then GoTo 3
If Ans = "11" Then CPP = InputBox("Quelle est la nouvelle valeur [euros/passage]?")
If Ans = "11" Then GoTo 3
GoTo 2

3 Ans1 = InputBox(" Répondez Oui / Non s'il vous plaît ", "Voulez-vous modifier un autre paramètre ?")
If Ans1 = "Oui" Then GoTo 2
If Ans1 = "oui" Then GoTo 2
If Ans1 = "Non" Then GoTo 4
If Ans1 = "non" Then GoTo 4
GoTo 3

4 *****Analyse Type Choice
*****

Analysetype = InputBox(" Il est possible de realiser trois types d'analyse:          a) analyse pour un couple
des villes d'origine et destination;          b) analyse pour une ville d'origine
vers toutes les villes de destination incluses dans notre base de données;          c) analyse croisé pour toutes les
villes incluses dans notre base de données. Veuillez choisir le type d'analyse à effectuer, tapez a / b / c pour
continuer s'il vous plaît", "Quel type d'analyse ?")
If Analysetype = "a" Then GoTo 5
If Analysetype = "b" Then GoTo 105
If Analysetype = "c" Then GoTo 205
GoTo 4

*****
***** Choice "a" *****

Dim O As String, D As String, Vx As String, VectorX As Range

'Choiced City Location into Origin Vector

5 O = InputBox("Utilisez lettres majuscules et minuscules s'il vous plaît", "Entrez la ville d'origine")

Worksheets("Rmatrix").Activate

For Each Cellule In Worksheets("Rmatrix").Range("D6:D117")
If Cellule.Value = O Then GoTo 8
Next Cellule

MsgBox "Choisissez une ville de notre échantillon"
GoTo 5

8 AADx = (Cellule.Address)
'Head of AddMatrixRoad
Worksheets("Build").Activate
Range("DK126:DK237") = O

10 D = InputBox("Utilisez lettres majuscules et minuscules s'il vous plaît", "Entrez la ville de destination")

```

```

Worksheets("Rmatrix").Activate
'Range("E5:DL5").Select

For Each Cellule In Worksheets("Rmatrix").Range("E5:DL5")
  If Cellule.Value = D Then GoTo 15
Next Cellule

MsgBox "Choisissez une ville de notre échantillon"
GoTo 10

15  AADy = (Cellule.Address)

'Entirely road transport vector VTR
Counter = 1
For Each Cellule In Worksheets("Rmatrix").Range("D6:D117")
  If Cellule.Value = D Then GoTo 16
  Counter = Counter + 1
Next Cellule

16  VTR = Worksheets("Rmatrix").Range(AADx).Offset(0, Counter).Value

MsgBox "Analyse des possibles trajets mer-terre entre: " & (O) & " et " & (D)

*****
'Criterion Cycles Counter
For KK = 1 To 6

  If KK = 1 Then DETr = 1
  If KK = 1 Then DETm = 1
  If KK = 2 Then PP = 0
  If KK = 1 Then GoTo 20
  If KK = 2 Then DETr = Cr
  If KK = 2 Then DETm = Cm
  If KK = 2 Then PP = CPP
  If KK = 2 Then GoTo 20
  If KK = 3 Then DETr = VPL
  If KK = 3 Then DETm = VNav
  If KK = 3 Then PP = DPP
  If KK = 3 Then GoTo 20
  If KK = 4 Then DETr = CePL
  If KK = 4 Then DETm = CeNav
  If KK = 4 Then PP = 0
  If KK = 4 Then GoTo 20
  If KK = 5 Then DETr = PPL
  If KK = 5 Then DETm = PNav
  If KK = 5 Then PP = 0
  If KK = 5 Then GoTo 20
  If KK = 6 Then DETr = CEAR
  If KK = 6 Then DETm = 0
  If KK = 6 Then PP = 0
  If KK = 6 Then GoTo 20

20  'First Vector Affectation, Selection of road
Dim Xv As Integer, AddMatrix(112, 112) As Integer, Row As Integer, Col As Integer, VC As String, Rom As
Integer
Dim NextY As Integer, Com As Integer, AcAdd As String, m As Integer, n As Integer, AddV(112, 0) As Integer

'Origin Vector Selection from AADx asigntaion
Worksheets("Rmatrix").Range(AADx).Offset(0, 1).Select
Worksheets("Rmatrix").Range(ActiveCell, ActiveCell.End(xlToRight)).Select

'Selection To road 1st vector of distance
Row = 126
Col = 116

'Second Vector Affectation, Selection of road/sea

```

```

Ron = 125
Rom = 125

For Each Cellule In Selection

    Con = 5
    Com = 2
    Ron = Ron + 1
    Rom = Rom + 1
    '1st road vector construction ~~~~~
    Worksheets("Build").Cells(Rom, Col) = (Cellule.Value * DETr)
    Row = Row + 1

    'Matrix road/sea construction ~~~~~
    For n = 1 To 112
        Worksheets("Build").Cells(Rom, Com) = 0
        If Worksheets("Mmatrix").Cells(Ron, Con) = 0 Then GoTo 25
        Worksheets("Build").Cells(Rom, Com) = (Cellule.Value * DETr) +
((Worksheets("Mmatrix").Cells(Ron, Con).Value) * DETm)
25        Con = Con + 1
        Com = Com + 1
    Next n

Next Cellule

*****

'Matrix road/sea transposition
Dim f As Integer, g As Integer, h As Integer, i As Integer

h = 126
g = 2

For K = 1 To 112
    f = 243
    i = 2

    For j = 1 To 112
        Worksheets("Build").Cells(f, g) = Cells(h, i)
        f = f + 1
        i = i + 1
    Next j

    g = g + 1
    h = h + 1
Next K

*****

'Second road destination cities vector
Worksheets("Build").Activate
Range("DM243:DM354") = D

'Origin Vector Selection from AADx asigntaion
Worksheets("Rmatrix").Activate
Worksheets("Rmatrix").Range("E5").Select
Worksheets("Rmatrix").Range(ActiveCell, ActiveCell.End(xlToRight)).Select

    For Each Cellule In Selection
        If Cellule.Value = D Then GoTo 30
    Next Cellule

30    AADz = (Cellule.Address)
    Worksheets("Rmatrix").Range(AADz).Offset(1, 0).Select
    Worksheets("Rmatrix").Range(ActiveCell, ActiveCell.End(xlDown)).Select

'Selection To road 2nd vector of distance

```



```

Cells(Low, 119).Value = V1
If Cells(Low, 119).Value > 0 Then Cells(Low, 115) = O
If Cells(Low, 119).Value > 0 Then Cells(Low, 118) = D
Low = Low + 1
Next f

```

\*\*\*\*\*

'Shortness AddMatrix(Road-Sea-Road)' vector by P2

```

Cow2 = 2

```

```

For g = 1 To 112

```

```

    V2 = 0
    Low2 = 360

```

```

        For h = 1 To 112

```

```

            If Cells(Low2, Cow2) = 0 Then GoTo 55
            If V2 <> 0 Then GoTo 50
            V2 = Cells(Low2, Cow2).Value

```

```

50             If V2 > Cells(Low2, Cow2).Value Then V2 = Cells(Low2, Cow2).Value

```

```

55             Low2 = Low2 + 1

```

```

        Next h

```

```

    'MinVector

```

```

    Cells(474, Cow2).Value = V2
    Cow2 = Cow2 + 1

```

```

Next g

```

\*\*\*\*\*

'5 Shortest Traject road/sea/road

```

Low4 = 474
V13 = 0
GEN = 0

```

```

For i = 1 To 5

```

```

    Cow = 119
    Low3 = 360
    V13 = 0

```

```

    For j = 1 To 112

```

```

        If Cells(Low3, Cow) = 0 Then GoTo 65

```

```

            If V13 > 0 Then GoTo 60

```

```

            V13 = Cells(Low3, Cow).Value
            Cells(Low4, 119).Value = Cells(Low3, 119).Value
            Cells(Low4, 118).Value = Cells(Low3, 118).Value
            Cells(Low4, 117).Value = Cells(Low3, 117).Value
            Cells(Low4, 116).Value = Cells(Low3, 116).Value
            Cells(Low4, 115).Value = Cells(Low3, 115).Value

```

```

60             If Cells(Low3, Cow).Value = GEN Then GoTo 65
                If Cells(Low3, Cow).Value = GIN Then GoTo 65
                If Cells(Low3, Cow).Value = GON Then GoTo 65
                If Cells(Low3, Cow).Value = GUN Then GoTo 65

```

```

            If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then Cells(Low4, 118).Value = Cells(Low3, 118).Value

```

```

If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then Cells(Low4, 117).Value = Cells(Low3, 117).Value
If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then Cells(Low4, 116).Value = Cells(Low3, 116).Value
If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then Cells(Low4, 115).Value = Cells(Low3, 115).Value
If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then V13 = Cells(Low3, Cow).Value

```

```
65         Low3 = Low3 + 1
```

```
        Next j
```

```
'MinVector
```

```
Cells(Low4, Cow).Value = V13
```

```
If i = 1 Then GEN = V13
```

```
If i = 2 Then GIN = V13
```

```
If i = 3 Then GON = V13
```

```
If i = 4 Then GUN = V13
```

```
Low4 = Low4 + 1
```

```
Next i
```

```
*****
```

```
'5 Multicriteria Shortest Traject road/sea/road to report
```

```
If KK = 1 Then Low4R = 8
```

```
If KK = 2 Then Low4R = 17
```

```
If KK = 3 Then Low4R = 26
```

```
If KK = 4 Then Low4R = 35
```

```
If KK = 5 Then Low4R = 44
```

```
If KK = 6 Then Low4R = 53
```

```
If KK = 1 Then Low5R = 6
```

```
If KK = 2 Then Low5R = 15
```

```
If KK = 3 Then Low5R = 24
```

```
If KK = 4 Then Low5R = 33
```

```
If KK = 5 Then Low5R = 42
```

```
If KK = 6 Then Low5R = 51
```

```
V13R = 0
```

```
GENR = 0
```

```
For m = 1 To 5
```

```
    CowR = 119
```

```
    Low3R = 360
```

```
    V13R = 0
```

```
For n = 1 To 112
```

```
    If Cells(Low3R, CowR) = 0 Then GoTo 75
```

```
        If V13R > 0 Then GoTo 70
```

```
            V13R = Cells(Low3R, CowR).Value
```

```
            Worksheets("Results").Cells(Low4R, 6).Value = Cells(Low3R, 119).Value
```

```
            Worksheets("Results").Cells(Low4R, 5).Value = Cells(Low3R, 118).Value
```

```
            Worksheets("Results").Cells(Low4R, 4).Value = Cells(Low3R, 117).Value
```

```
            Worksheets("Results").Cells(Low4R, 3).Value = Cells(Low3R, 116).Value
```

```
            Worksheets("Results").Cells(Low4R, 2).Value = Cells(Low3R, 115).Value
```

```
70         If Cells(Low3R, CowR).Value = GENR Then GoTo 75
```

```
            If Cells(Low3R, CowR).Value = GINR Then GoTo 75
```

```
            If Cells(Low3R, CowR).Value = GONR Then GoTo 75
```

```
            If Cells(Low3R, CowR).Value = GUNR Then GoTo 75
```

```
                If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then Worksheets("Results").Cells(Low4R, 5).Value =  
Cells(Low3R, 118).Value
```

```
                If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then Worksheets("Results").Cells(Low4R, 4).Value =  
Cells(Low3R, 117).Value
```

```

        If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then Worksheets("Results").Cells(Low4R, 3).Value =
Cells(Low3R, 116).Value
        If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then Worksheets("Results").Cells(Low4R, 2).Value =
Cells(Low3R, 115).Value
        If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then V13R = Cells(Low3R, CowR).Value

75      Low3R = Low3R + 1

        Next n

        'MinVector
        Worksheets("Results").Cells(Low4R, 6).Value = (V13R + (2 * PP))
        If m = 1 Then GENR = V13R
        If m = 2 Then GINR = V13R
        If m = 3 Then GONR = V13R
        If m = 4 Then GUNR = V13R
        Low4R = Low4R + 1
        Next m

        'Entirely road transport option
        Worksheets("Results").Cells(Low5R, 5).Value = D
        Worksheets("Results").Cells(Low5R, 2).Value = O
        Worksheets("Results").Cells(Low5R, 6).Value = (VTR * DETr)

        Next KK

        Worksheets("Results").Activate
        GoTo 1000
*****

80      'Q = InputBox("Dessirez-Vous analyser un autre couple d'origine et destination ? (Oui / Non)")

        'If Q = "Oui" Then GoTo 5
        'If Q = "oui" Then GoTo 5
        'If Q = "Non" Then GoTo 200
        'If Q = "non" Then GoTo 200
        'GoTo 80

***** Choice "b" *****
        Dim CRIT As String, UNIT As String, Conf As String

        'Subroutine b) Choiced City Location into Origin Vector

105     O = InputBox("Utilisez lettres majuscules et minuscules s'il vous plaît", "Entrez le nom de la ville d'origine")

        For Each Cellule In Worksheets("Rmatrix").Range("D6:D117")
            If Cellule.Value = O Then GoTo 108
        Next Cellule

        MsgBox "Choisissez une ville de notre échantillon"
        GoTo 105

108     AADx = (Cellule.Address)
        'Head of AddMatrixRoad
        Worksheets("Build").Activate
        Range("DK126:DK237") = O

        'Criteria Choice
        Conf = InputBox("L'option b) de ce programme analyse tous les trajets possibles mer-terre entre: " & (O)
& " et le reste des villes européennes de notre échantillon. Si vous voulez revénir sur votre choix tapez: c , si
non, OK pour continuer", "Confirmation du point d'origine")
        If Conf = "c" Then GoTo 105

110     TypeA = InputBox("Il est possible de réaliser l'analyse sous différentes critères de comparaison : 1)
Coût du transport; 2) Délai du transport; 3) Consommation énergétique du transport; 4) Pollution émise à
l'environnement; 5) Coût d'entretien d'autoroutes", "Choisissez un des critères et tapez le no. correspondante s'il
vous plaît")

```

## 'Criterion Choice

```

If TypeA = 1 Then DETr = Cr
If TypeA = 1 Then DETm = Cm
If TypeA = 1 Then CRIT = "Coût du transport"
If TypeA = 1 Then UNIT = "[euros]"
If TypeA = 1 Then PP = CPP
If TypeA = 1 Then GoTo 115
    If TypeA = 2 Then DETr = VPL
    If TypeA = 2 Then DETm = VNav
    If TypeA = 2 Then CRIT = "Délai du transport"
    If TypeA = 2 Then UNIT = "[hours]"
    If TypeA = 2 Then PP = DPP
    If TypeA = 2 Then GoTo 115
        If TypeA = 3 Then DETr = CePL
        If TypeA = 3 Then DETm = CeNav
        If TypeA = 3 Then CRIT = "Consommation énergétique du transport"
        If TypeA = 3 Then UNIT = "[tep]"
        If TypeA = 3 Then GoTo 115
            If TypeA = 4 Then DETr = PPL
            If TypeA = 4 Then DETm = PNav
            If TypeA = 4 Then CRIT = "Pollution émise à l'environnement"
            If TypeA = 4 Then UNIT = "[mg CO]"
            If TypeA = 4 Then GoTo 115
                If TypeA = 5 Then DETr = CEAR
                If TypeA = 5 Then DETm = 0
                If TypeA = 5 Then CRIT = "Coût d'entretien d'autoroutes"
                If TypeA = 5 Then UNIT = "[euros]"
                If TypeA = 5 Then GoTo 115

```

GoTo 110

```

115 Worksheets("RM").Range("C5").Value = CRIT
Worksheets("RM").Range("F6").Value = UNIT
Worksheets("RM").Range("I6").Value = UNIT

```

```

Worksheets("Rmatrix").Activate
Count = 1
Low5R = 7
'MsgBox AADx

```

For WW = 1 To 112

```

Worksheets("Rmatrix").Range("D5").Offset(0, Count).Select
D = ActiveCell.Value

```

```

'Entirely road transport vector VTR
Counter = 1
Worksheets("Rmatrix").Range("D6:D117").Select
For Each Cellule In Selection
    If Cellule.Value = D Then GoTo 116
    Counter = Counter + 1
Next Cellule

```

```

116 Worksheets("Rmatrix").Range(AADx).Offset(0, Counter).Select
VTR = ActiveCell.Value
'MsgBox (D)

```

```

*****

```

```

120 'Origin Vector Selection from AADx asigntaion
Worksheets("Rmatrix").Range(AADx).Offset(0, 1).Select
Worksheets("Rmatrix").Range(ActiveCell, ActiveCell.End(xlToRight)).Select

```

```

'Selection To road 1st vector of distance
Row = 126

```

Col = 116

```
'Second Vector Affectation, Selection of road/sea
Ron = 125
Rom = 125
```

```
For Each Cellule In Selection
```

```
Con = 5
Com = 2
Ron = Ron + 1
Rom = Rom + 1
```

```
'1st road vector construction ~~~~~~
Worksheets("Build").Cells(Rom, Col) = (Cellule.Value * DETr)
Row = Row + 1
```

```
'Matrix road/sea construction ~~~~~~
For n = 1 To 112
```

```
Worksheets("Build").Cells(Rom, Com) = 0
If Worksheets("Mmatrix").Cells(Ron, Con) = 0 Then GoTo 125
Worksheets("Build").Cells(Rom, Com) = (Cellule.Value * DETr) +
((Worksheets("Mmatrix").Cells(Ron, Con).Value) * DETm)
```

```
125 Con = Con + 1
Com = Com + 1
Next n
```

```
Next Cellule
```

```
*****
```

```
'Matrix road/sea transposition
```

```
h = 126
g = 2
```

```
For K = 1 To 112
```

```
f = 243
i = 2
```

```
For j = 1 To 112
Worksheets("Build").Cells(f, g) = Cells(h, i)
f = f + 1
i = i + 1
Next j
g = g + 1
h = h + 1
```

```
Next K
```

```
*****
```

```
'Second road destination cities vector
Worksheets("Build").Activate
Range("DM243:DM354") = D
```

```
'Origin Vector Selection from AADx asigntaion
Worksheets("Rmatrix").Activate
Worksheets("Rmatrix").Range("E5").Select
Worksheets("Rmatrix").Range(ActiveCell, ActiveCell.End(xlToRight)).Select
```

```
For Each Cellule In Selection
If Cellule.Value = D Then GoTo 130
Next Cellule
```

```
130 AADz = (Cellule.Address)
Worksheets("Rmatrix").Range(AADz).Offset(1, 0).Select
Worksheets("Rmatrix").Range(ActiveCell, ActiveCell.End(xlDown)).Select
```

```

'Selection To road 2nd vector of distance
Rov = 243
Cov = 116

'Third Vector Affectation, Selection of road/sea/road
  Rot = 359
  Rou = 6
  Rox = 242

  For Each Cellule In Selection
    Cot = 2
    Cou = 5
    Cox = 2
    Rot = Rot + 1
    Rou = Rou + 1
    Rox = Rox + 1

    '2nd road vector construction ~~~~~~
    Worksheets("Build").Cells(Rov, Cov) = (Cellule.Value * DETr)
    Rov = Rov + 1

    For n = 1 To 112
      Worksheets("Build").Cells(Rot, Cot) = 0
      If Worksheets("Rmatrix").Cells(Rou, Cou) = 0 Then GoTo 135
      If Worksheets("Build").Cells(Rox, Cox) = 0 Then GoTo 135

      'Matrix road/sea/road construction
      ~~~~~~
      Worksheets("Build").Cells(Rot, Cot) = (Cellule.Value * DETr) +
      Worksheets("Build").Cells(Rox, Cox).Value

135          Cot = Cot + 1
              Cou = Cou + 1
              Cox = Cox + 1
            Next n

    Next Cellule

  Range("DK126:DK237") = 0

*****

'Trace Function to Road/Sea/Road identification
'Shortness AddMatrix(Road-Sea-Road)' vector by P1

Low = 360

  For f = 1 To 112

    ADkey = 0
    V1 = 0
    Cow = 2

    For E = 1 To 112

      If Cells(Low, Cow) = 0 Then GoTo 145
      If V1 <> 0 Then GoTo 140
      V1 = Cells(Low, Cow).Value
      Cells(Low, 116).Value = Cells(359, Cow).Value
      Cells(Low, 117).Value = Cells(Low, 1).Value

140          If V1 > Cells(Low, Cow).Value Then Cells(Low, 116).Value = Cells(359, Cow).Value
              If V1 > Cells(Low, Cow).Value Then Cells(Low, 117).Value = Cells(Low, 1).Value
              If V1 > Cells(Low, Cow).Value Then V1 = Cells(Low, Cow).Value

145          Cow = Cow + 1

```

Next E

```
'MinVector
Cells(Low, 119).Value = V1
If Cells(Low, 119).Value > 0 Then Cells(Low, 115) = 0
If Cells(Low, 119).Value > 0 Then Cells(Low, 118) = D
Low = Low + 1
```

Next f

\*\*\*\*\*

'Shortness AddMatrix(Road-Sea-Road) vector by P2

Cow2 = 2

For g = 1 To 112

V2 = 0

Low2 = 360

For h = 1 To 112

If Cells(Low2, Cow2) = 0 Then GoTo 155

If V2 <> 0 Then GoTo 150

V2 = Cells(Low2, Cow2).Value

150 If V2 > Cells(Low2, Cow2).Value Then V2 = Cells(Low2, Cow2).Value

155 Low2 = Low2 + 1

Next h

'MinVector

Cells(474, Cow2).Value = V2

Cow2 = Cow2 + 1

Next g

\*\*\*\*\*

'Shortest Traject road/sea/road

Low4 = 474

GEN = 0

Cow = 119

Low3 = 360

V13 = 0

For j = 1 To 112

If Cells(Low3, Cow) = 0 Then GoTo 165

If V13 > 0 Then GoTo 160

V13 = Cells(Low3, Cow).Value

Cells(Low4, 119).Value = Cells(Low3, 119).Value

Cells(Low4, 118).Value = Cells(Low3, 118).Value

Cells(Low4, 117).Value = Cells(Low3, 117).Value

Cells(Low4, 116).Value = Cells(Low3, 116).Value

Cells(Low4, 115).Value = Cells(Low3, 115).Value

160 If Cells(Low3, Cow).Value = GEN Then GoTo 165

If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then Cells(Low4, 118).Value = Cells(Low3, 118).Value

If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then Cells(Low4, 117).Value = Cells(Low3, 117).Value

If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then Cells(Low4, 116).Value = Cells(Low3, 116).Value

If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then Cells(Low4, 115).Value = Cells(Low3, 115).Value

If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then V13 = Cells(Low3, Cow).Value

```

165         Low3 = Low3 + 1
           GEN = V13
           Next j

'MinVector
Cells(Low4, Cow).Value = V13

*****

'5 Multicriteria Shortest Traject road/sea/road to report

'Low4R = 7

    GENR = 0
    CowR = 119
    Low3R = 360
    V13R = 0

    For n = 1 To 112

        If Cells(Low3R, CowR) = 0 Then GoTo 175

            If V13R > 0 Then GoTo 170

                V13R = Cells(Low3R, CowR).Value
                Worksheets("RM").Cells(Low5R, 6).Value = Cells(Low3R, 119).Value
                Worksheets("RM").Cells(Low5R, 5).Value = Cells(Low3R, 118).Value
                Worksheets("RM").Cells(Low5R, 4).Value = Cells(Low3R, 117).Value
                Worksheets("RM").Cells(Low5R, 3).Value = Cells(Low3R, 116).Value
                Worksheets("RM").Cells(Low5R, 2).Value = Cells(Low3R, 115).Value

170         If Cells(Low3R, CowR).Value = GENR Then GoTo 175

                If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then Worksheets("RM").Cells(Low5R, 5).Value =
Cells(Low3R, 118).Value
                If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then Worksheets("RM").Cells(Low5R, 4).Value =
Cells(Low3R, 117).Value
                If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then Worksheets("RM").Cells(Low5R, 3).Value =
Cells(Low3R, 116).Value
                If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then Worksheets("RM").Cells(Low5R, 2).Value =
Cells(Low3R, 115).Value
                If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then V13R = Cells(Low3R, CowR).Value

175         Low3R = Low3R + 1
           GENR = V13R
           Next n

'MinVector
Worksheets("RM").Cells(Low5R, 6).Value = (V13R + (2 * PP))

'Entirely road transport option
Worksheets("RM").Cells(Low5R, 7).Value = 0
Worksheets("RM").Cells(Low5R, 8).Value = D
Worksheets("RM").Cells(Low5R, 9).Value = (VTR * DETr)

    Low5R = Low5R + 1
    Count = Count + 1
Next WW

Worksheets("RM").Activate
GoTo 1000

*****

180 'Q = InputBox("    Tapez Oui / Non s'il vous plaît    ", "Dessirez-Vous une autre analyse ? ")

```

```
'If Q = "Oui" Then GoTo 105
'If Q = "oui" Then GoTo 105
'If Q = "Non" Then GoTo 200
'If Q = "non" Then GoTo 200
'GoTo 180
```

```
*****
```

```
'Range(AADz).Offset(0, p).Select
'ForwD = Selection.Value
'Range("A33:A37").Value = Range("A19:A23").Value
```

```
'For Each Cellule In Range("H27:H30")
'If Cellule.Value = 0 Then GoTo 80
'Next Cellule
```

```
'Range(AADo).Offset(0, 1).Select
'ORIG = Selection.Value
'Range(AADd).Offset(0, 1).Select
```

```
'Range("G40:K43").Clear
'Range("K34:K37").Select
```

```
'For Each Cellule In Range("DO360:DO471")
'If Cellule.Value = 0 Then GoTo 80
'Next Cellule
```

```
***** Choice "c" *****
```

```
'Subrutine c) Croised analyse
```

```
'Criteria Choice
```

```
205 TypeA = InputBox("Il est possible de réaliser l'analyse sous différentes critères de comparaison : 1) Coût du transport; 2) Délai du transport; 3) Consommation énergétique du transport; 4) Pollution émise à l'environnement; 5) Coût d'entretien d'autoroutes.", "Choisissez un des critères et tapez le no. correspondante s'il vous plaît")
```

```
'Criterion Choice
```

```
If TypeA = 1 Then DETr = Cr
If TypeA = 1 Then DETm = Cm
If TypeA = 1 Then CRIT = "Coût du transport"
If TypeA = 1 Then UNIT = "[euros]"
If TypeA = 1 Then PP = CPP
If TypeA = 1 Then GoTo 210
    If TypeA = 2 Then DETr = VPL
    If TypeA = 2 Then DETm = VNav
    If TypeA = 2 Then CRIT = "Délai du transport"
    If TypeA = 2 Then UNIT = "[hours]"
    If TypeA = 2 Then PP = DPP
    If TypeA = 2 Then GoTo 210
        If TypeA = 3 Then DETr = CePL
        If TypeA = 3 Then DETm = CeNav
        If TypeA = 3 Then CRIT = "Consommation énergétique du transport"
        If TypeA = 3 Then UNIT = "[tep]"
        If TypeA = 3 Then GoTo 210
            If TypeA = 4 Then DETr = PPL
            If TypeA = 4 Then DETm = PNav
            If TypeA = 4 Then CRIT = "Pollution émise à l'environnement"
            If TypeA = 4 Then UNIT = "[mg CO]"
            If TypeA = 4 Then GoTo 210
                If TypeA = 5 Then DETr = CEAR
                If TypeA = 5 Then DETm = 0
                If TypeA = 5 Then CRIT = "Coût d'entretien d'autoroutes"
                If TypeA = 5 Then UNIT = "[euros]"
                If TypeA = 5 Then GoTo 210
```

```
GoTo 205
```

```

'%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%MASTER
CYCLE%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
210 'Subroutine c) Croised Analyse [OxD]
    Dim MASTER As Integer

        CountII = 1

        'MsgBox CountII

    For MASTER = 1 To 2

        Worksheets("Rmatrix").Activate
        Worksheets("Rmatrix").Range("D5").Offset(CountII, 0).Select

            O = ActiveCell.Value

        AADx = (ActiveCell.Address)

        'Head of AddMatrixRoad
        Worksheets("Build").Activate
        Range("DK126:DK237") = O

        'MsgBox O
        Worksheets(O).Range("C5").Value = CRIT
        Worksheets(O).Range("F6").Value = UNIT
        Worksheets(O).Range("I6").Value = UNIT

        Worksheets("Rmatrix").Activate
        Count = 1
        Low5R = 7
        'MsgBox AADx

    For WW = 1 To 2

        Worksheets("Rmatrix").Range("D5").Offset(0, Count).Select
        D = ActiveCell.Value

        'Entirely road transport vector VTR
        Counter = 1
        Worksheets("Rmatrix").Range("D6:D117").Select

            For Each Cellule In Selection
                If Cellule.Value = D Then GoTo 216
                Counter = Counter + 1
            Next Cellule

216            Worksheets("Rmatrix").Range(AADx).Offset(0, Counter).Select
            VTR = ActiveCell.Value

*****

220        'Origin Vector Selection from AADx asigntaion
        Worksheets("Rmatrix").Range(AADx).Offset(0, 1).Select
        Worksheets("Rmatrix").Range(ActiveCell, ActiveCell.End(xlToRight)).Select

        'Selection To road 1st vector of distance
        Row = 126
        Col = 116

        'Second Vector Affectation, Selection of road/sea
        Ron = 125
        Rom = 125

        For Each Cellule In Selection

```

```

Con = 5
Com = 2
Ron = Ron + 1
Rom = Rom + 1

'1st road vector construction ~~~~~
Worksheets("Build").Cells(Rom, Col) = (Cellule.Value * DETr)
Row = Row + 1

'Matrix road/sea construction ~~~~~
For n = 1 To 112
  Worksheets("Build").Cells(Rom, Com) = 0
  If Worksheets("Mmatrix").Cells(Ron, Con) = 0 Then GoTo 225
  Worksheets("Build").Cells(Rom, Com) = (Cellule.Value * DETr) +
((Worksheets("Mmatrix").Cells(Ron, Con).Value) * DETm)
225      Con = Con + 1
        Com = Com + 1
        Next n

```

Next Cellule

\*\*\*\*\*

```

'Matrix road/sea transposition

h = 126
g = 2

For K = 1 To 112
  f = 243
  i = 2
  For j = 1 To 112
    Worksheets("Build").Cells(f, g) = Cells(h, i)
    f = f + 1
    i = i + 1
  Next j
  g = g + 1
  h = h + 1
Next K

```

\*\*\*\*\*

```

'Second road destination cities vector
Worksheets("Build").Activate
Range("DM243:DM354") = D

'Origin Vector Selection from AADx asigntaion
Worksheets("Rmatrix").Activate
Worksheets("Rmatrix").Range("E5").Select
Worksheets("Rmatrix").Range(ActiveCell, ActiveCell.End(xlToRight)).Select

  For Each Cellule In Selection
    If Cellule.Value = D Then GoTo 230
  Next Cellule

```

```

230      AADz = (Cellule.Address)
        Worksheets("Rmatrix").Range(AADz).Offset(1, 0).Select
        Worksheets("Rmatrix").Range(ActiveCell, ActiveCell.End(xlDown)).Select

```

```

'Selection To road 2nd vector of distance
Rov = 243
Cov = 116

```

```

'Third Vector Affectation, Selection of road/sea/road
Rot = 359
Rou = 6

```



Next f

\*\*\*\*\*

'Shortness AddMatrix(Road-Sea-Road)' vector by P2

Cow2 = 2

For g = 1 To 112

V2 = 0

Low2 = 360

For h = 1 To 112

If Cells(Low2, Cow2) = 0 Then GoTo 255

If V2 <> 0 Then GoTo 250

V2 = Cells(Low2, Cow2).Value

250 If V2 > Cells(Low2, Cow2).Value Then V2 = Cells(Low2, Cow2).Value

255 Low2 = Low2 + 1

Next h

'MinVector

Cells(474, Cow2).Value = V2

Cow2 = Cow2 + 1

Next g

\*\*\*\*\*

'Shortest Traject road/sea/road

Low4 = 474

GEN = 0

Cow = 119

Low3 = 360

V13 = 0

For j = 1 To 112

If Cells(Low3, Cow) = 0 Then GoTo 265

If V13 > 0 Then GoTo 260

V13 = Cells(Low3, Cow).Value

Cells(Low4, 119).Value = Cells(Low3, 119).Value

Cells(Low4, 118).Value = Cells(Low3, 118).Value

Cells(Low4, 117).Value = Cells(Low3, 117).Value

Cells(Low4, 116).Value = Cells(Low3, 116).Value

Cells(Low4, 115).Value = Cells(Low3, 115).Value

260 If Cells(Low3, Cow).Value = GEN Then GoTo 265

If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then Cells(Low4, 118).Value = Cells(Low3, 118).Value

If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then Cells(Low4, 117).Value = Cells(Low3, 117).Value

If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then Cells(Low4, 116).Value = Cells(Low3, 116).Value

If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then Cells(Low4, 115).Value = Cells(Low3, 115).Value

If V13 > Cells(Low3, Cow).Value Then V13 = Cells(Low3, Cow).Value

265 Low3 = Low3 + 1

GEN = V13

Next j

'MinVector

Cells(Low4, Cow).Value = V13

\*\*\*\*\*

'5 Multicriteria Shortest Traject road/sea/road to report

'Low4R = 7

GENR = 0  
CowR = 119  
Low3R = 360  
V13R = 0

For n = 1 To 112

If Cells(Low3R, CowR) = 0 Then GoTo 275

If V13R > 0 Then GoTo 270

V13R = Cells(Low3R, CowR).Value  
Worksheets(O).Cells(Low5R, 6).Value = Cells(Low3R, 119).Value  
Worksheets(O).Cells(Low5R, 5).Value = Cells(Low3R, 118).Value  
Worksheets(O).Cells(Low5R, 4).Value = Cells(Low3R, 117).Value  
Worksheets(O).Cells(Low5R, 3).Value = Cells(Low3R, 116).Value  
Worksheets(O).Cells(Low5R, 2).Value = Cells(Low3R, 115).Value

270 If Cells(Low3R, CowR).Value = GENR Then GoTo 275

If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then Worksheets(O).Cells(Low5R, 5).Value =  
Cells(Low3R, 118).Value

If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then Worksheets(O).Cells(Low5R, 4).Value =  
Cells(Low3R, 117).Value

If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then Worksheets(O).Cells(Low5R, 3).Value =  
Cells(Low3R, 116).Value

If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then Worksheets(O).Cells(Low5R, 2).Value =  
Cells(Low3R, 115).Value

If V13R > Cells(Low3R, CowR).Value Then V13R = Cells(Low3R, CowR).Value

275 Low3R = Low3R + 1  
GENR = V13R

Next n

'MinVector  
Worksheets(O).Cells(Low5R, 6).Value = (V13R + (2 \* PP))

'Entirely road transport option  
Worksheets(O).Cells(Low5R, 7).Value = O  
Worksheets(O).Cells(Low5R, 8).Value = D  
Worksheets(O).Cells(Low5R, 9).Value = (VTR \* DETr)

Low5R = Low5R + 1  
Count = Count + 1  
Next WW

CountII = CountII + 1

Next MASTER

1000 MsgBox "Fin de l'analyse"

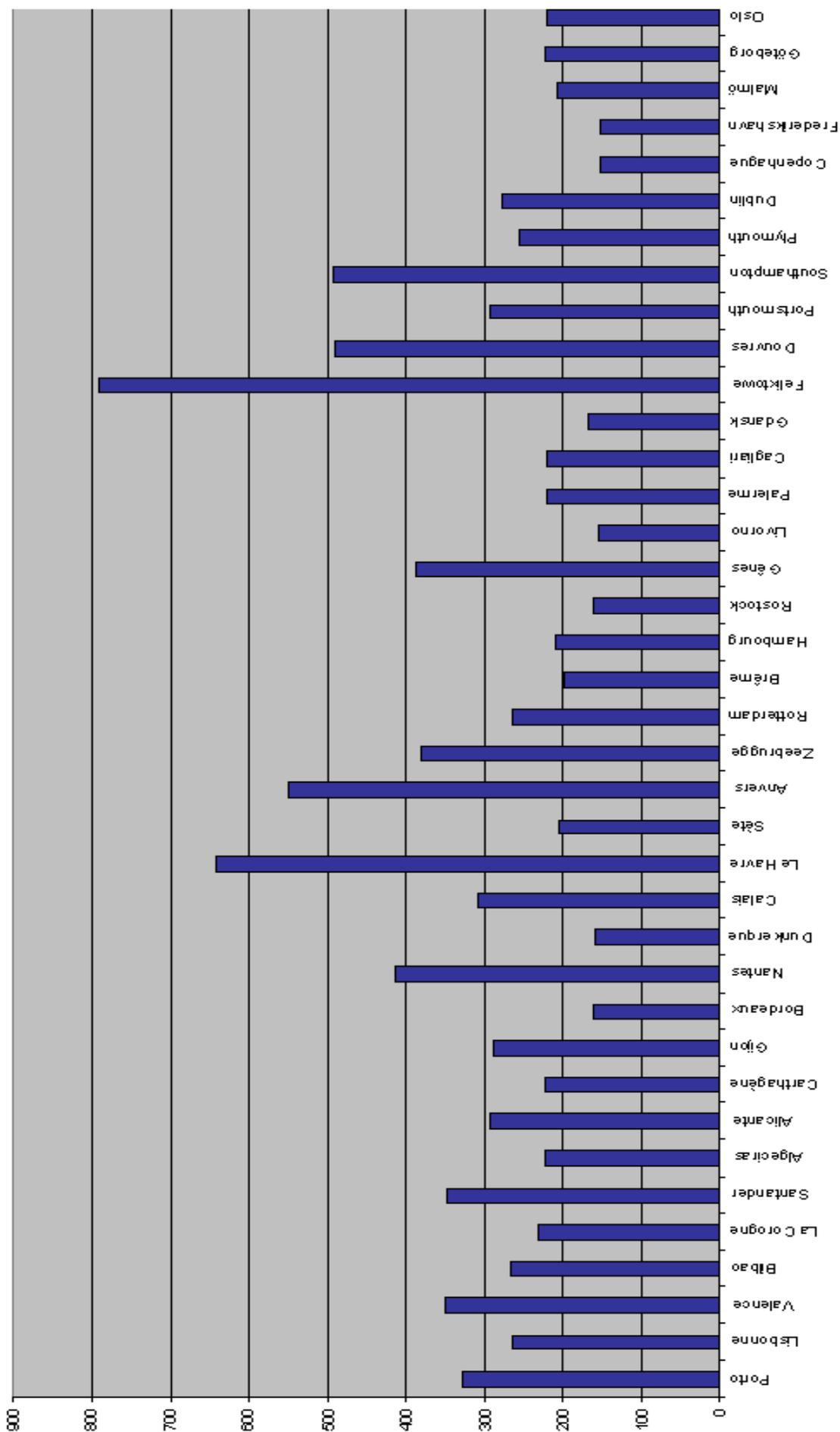
\*\*\*\*\*

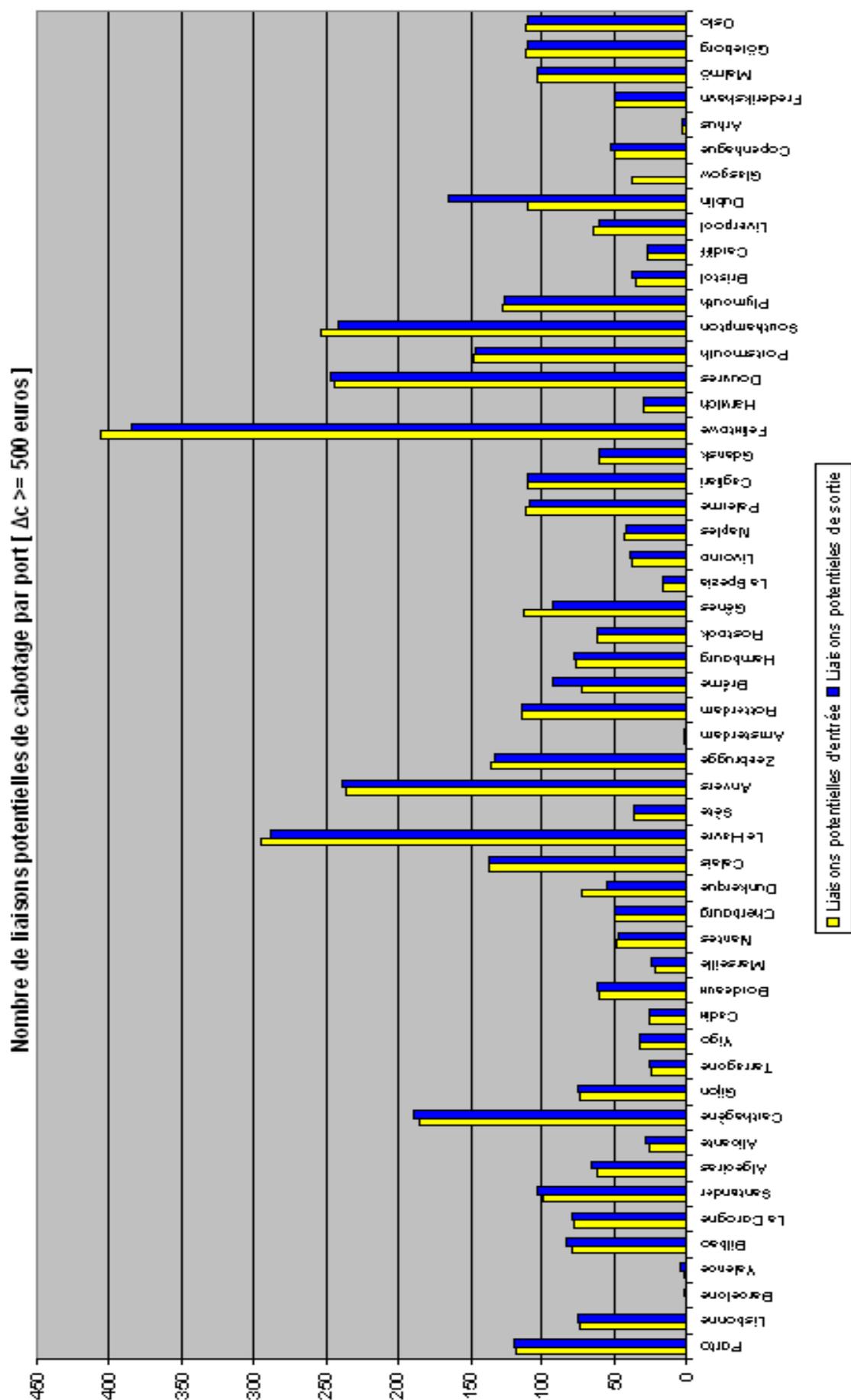
End Sub

## Annexe 6 : Résultats de l'analyse (DETCCM)

Note : Nous exposons le positionnement des ports par rapport à leur nombre de liaisons compétitives de cabotage pour un seuil d'économie minimale de 200 € et pour un seuil de 500 €, ainsi que les résultats de l'analyse par couples des ports pour les cas qui nous semblent le plus représentatifs.

Ports européens avec plus de 150 liaisons de cabotage d'entrée et de sortie économiquement exploitables [ $\Delta c \geq 200$  euros]





**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Madrid			Paris	1306
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Madrid	Bilbao	Nantes	Paris	1229
III	Madrid	Bilbao	Bordeaux	Paris	1333
IV	Madrid	Santander	Bilbao	Paris	1389
V	Madrid	Bilbao	Santander	Paris	1480
VI	Madrid	Santander	Le Havre	Paris	1647

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Madrid			Paris	1371
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Madrid	Bilbao	Nantes	Paris	1316
III	Madrid	Bilbao	Bordeaux	Paris	1454
IV	Madrid	Santander	Le Havre	Paris	1574
V	Madrid	Santander	Bilbao	Paris	1598
VI	Madrid	Santander	Cherbourg	Paris	1680

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Madrid			Paris	15
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Madrid	Santander	Bilbao	Paris	32
III	Madrid	Bilbao	Santander	Paris	34
IV	Madrid	Bilbao	Bordeaux	Paris	36
V	Madrid	Bordeaux	Nantes	Paris	37
VI	Madrid	Tarragone	Barcelone	Paris	37

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Madrid			Paris	0,36
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Madrid	Santander	Le Havre	Paris	0,232
III	Madrid	Bilbao	Nantes	Paris	0,244
IV	Madrid	Bilbao	Calais	Paris	0,266
V	Madrid	Bilbao	Dunkerque	Paris	0,270
VI	Madrid	Bilbao	Cherbourg	Paris	0,271

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Madrid			Paris	47005
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Madrid	Valence	Le Havre	Paris	20334
III	Madrid	Valence	Calais	Paris	23756
IV	Madrid	Valence	Dunkerque	Paris	23848
V	Madrid	Valence	Zeebrugge	Paris	24787
VI	Madrid	Valence	Anvers	Paris	25823

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Madrid			Paris	0,091
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Madrid	Valence	Le Havre	Paris	0,039
III	Madrid	Valence	Calais	Paris	0,045
IV	Madrid	Valence	Dunkerque	Paris	0,045
V	Madrid	Valence	Zeebrugge	Paris	0,047
VI	Madrid	Valence	Anvers	Paris	0,049

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Madrid			Berlin	2485
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Madrid	Bilbao	Nantes	Berlin	2281
III	Madrid	Bilbao	Bordeaux	Berlin	2386
IV	Madrid	Santander	Bilbao	Berlin	2445
V	Madrid	Barcelone	Gênes	Berlin	2458
VI	Madrid	Zeebrugge	Rotterdam	Berlin	2474

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Madrid			Berlin	2609
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Madrid	Santander	Hambourg	Berlin	2313
III	Madrid	Santander	Rotterdam	Berlin	2376
IV	Madrid	Santander	Rostock	Berlin	2384
V	Madrid	Gijon	Brême	Berlin	2406
VI	Madrid	Bilbao	Nantes	Berlin	2421

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Madrid			Berlin	28
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Madrid	Santander	Bilbao	Berlin	44
III	Madrid	Dunkerque	Zeebrugge	Berlin	45
IV	Madrid	Bilbao	Santander	Berlin	45
V	Madrid	Zeebrugge	Dunkerque	Berlin	46
VI	Madrid	Zeebrugge	Rotterdam	Berlin	46

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Madrid			Berlin	0,69
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Madrid	Santander	Rostock	Berlin	0,307
III	Madrid	Santander	Hambourg	Berlin	0,312
IV	Madrid	Bilbao	Copenhagen	Berlin	0,322
V	Madrid	Bilbao	Brême	Berlin	0,339
VI	Madrid	Santander	Rotterdam	Berlin	0,393

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Madrid			Berlin	89460
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Madrid	Valence	Rostock	Berlin	21716
III	Madrid	Valence	Copenhagen	Berlin	22324
IV	Madrid	Valence	Hambourg	Berlin	23879
V	Madrid	Valence	Brême	Berlin	27548
VI	Madrid	Valence	Gdansk	Berlin	30950

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Madrid			Berlin	0,174
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Madrid	Valence	Rostock	Berlin	0,041
III	Madrid	Valence	Copenhagen	Berlin	0,042
IV	Madrid	Valence	Hambourg	Berlin	0,045
V	Madrid	Valence	Brême	Berlin	0,052
VI	Madrid	Valence	Gdansk	Berlin	0,059

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Madrid			Budapest	2698
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Madrid	Barcelone	Gênes	Budapest	2501
III	Madrid	Barcelone	Livorno	Budapest	2523
IV	Madrid	Barcelone	La Spezia	Budapest	2529
V	Madrid	Barcelone	Marseille	Budapest	2578
VI	Madrid	Barcelone	Sète	Budapest	2690

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Madrid			Budapest	2833
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Madrid	Valence	Gênes	Budapest	2522
III	Madrid	Valence	Livorno	Budapest	2531
IV	Madrid	Valence	La Spezia	Budapest	2538
V	Madrid	Valence	Marseille	Budapest	2706
VI	Madrid	Valence	Sète	Budapest	2835

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Madrid			Budapest	30
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Madrid	Sète	Marseille	Budapest	48
III	Madrid	Gênes	La Spezia	Budapest	48
IV	Madrid	Gênes	Livorno	Budapest	48
V	Madrid	Tarragone	Barcelone	Budapest	48
VI	Madrid	Santander	Bilbao	Budapest	49

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Madrid			Budapest	0,74
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Madrid	Valence	Livorno	Budapest	0,489
III	Madrid	Valence	La Spezia	Budapest	0,492
IV	Madrid	Valence	Gênes	Budapest	0,495
V	Madrid	Bilbao	Brême	Budapest	0,548
VI	Madrid	Santander	Rostock	Budapest	0,556

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Madrid			Budapest	97128
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Madrid	Valence	Gdansk	Budapest	51110
III	Madrid	Valence	Rostock	Budapest	54188
IV	Madrid	Valence	Copenhagen	Budapest	54436
V	Madrid	Valence	Brême	Budapest	54728
VI	Madrid	Valence	Livorno	Budapest	55603

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Madrid			Budapest	0,189
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Madrid	Valence	Gdansk	Budapest	0,098
III	Madrid	Valence	Rostock	Budapest	0,104
IV	Madrid	Valence	Copenhagen	Budapest	0,104
V	Madrid	Valence	Brême	Budapest	0,105
VI	Madrid	Valence	Hambourg	Budapest	0,107

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Valence			Le Havre	1597
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Valence	Bilbao	Nantes	Le Havre	1488
III	Valence	Valence	Sète	Le Havre	1533
IV	Valence	Valence	Tarragone	Le Havre	1595
V	Valence	Valence	Marseille	Le Havre	1620
VI	Valence	Tarragone	Barcelone	Le Havre	1626

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Valence			Le Havre	1677
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Valence	Bilbao	Nantes	Le Havre	1589
III	Valence	Valence	Sète	Le Havre	1597
IV	Valence	Bilbao	Le Havre	Le Havre	1665
V	Valence	Valence	Marseille	Le Havre	1667
VI	Valence	Valence	Tarragone	Le Havre	1760

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Valence			Le Havre	18
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Valence	Tarragone	Barcelone	Le Havre	36
III	Valence	Valence	Tarragone	Le Havre	38
IV	Valence	Sète	Marseille	Le Havre	38
V	Valence	Barcelone	Sète	Le Havre	38
VI	Valence	Santander	Bilbao	Le Havre	38

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Valence			Le Havre	0,44
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Valence	Valence	Le Havre	Le Havre	0,189
III	Valence	Valence	Cherbourg	Le Havre	0,243
IV	Valence	Valence	Nantes	Le Havre	0,271
V	Valence	Valence	Calais	Le Havre	0,272
VI	Valence	Carthagène	Zeebrugge	Le Havre	0,278

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Valence			Le Havre	57485
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Valence	Valence	Le Havre	Le Havre	534
III	Valence	Valence	Cherbourg	Le Havre	8300
IV	Valence	Valence	Calais	Le Havre	10454
V	Valence	Valence	Dunkerque	Le Havre	11824
VI	Valence	Valence	Nantes	Le Havre	14285

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Valence			Le Havre	0,112
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Valence	Alicante	Le Havre	Le Havre	0,012
III	Valence	Alicante	Cherbourg	Le Havre	0,028
IV	Valence	Alicante	Calais	Le Havre	0,032
V	Valence	Alicante	Dunkerque	Le Havre	0,034
VI	Valence	Alicante	Nantes	Le Havre	0,039

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Algeciras			Gdansk	3539
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Algeciras	Algeciras	Gênes	Gdansk	3282
III	Algeciras	Algeciras	Sète	Gdansk	3313
IV	Algeciras	Algeciras	Marseille	Gdansk	3376
V	Algeciras	Algeciras	Barcelone	Gdansk	3377
VI	Algeciras	Algeciras	La Spezia	Gdansk	3396

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Algeciras			Gdansk	3716
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Algeciras	Algeciras	Gdansk	Gdansk	2967
III	Algeciras	Algeciras	Copenhagen	Gdansk	3123
IV	Algeciras	Algeciras	Gênes	Gdansk	3128
V	Algeciras	Algeciras	La Spezia	Gdansk	3240
VI	Algeciras	Algeciras	Hambourg	Gdansk	3268

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Algeciras			Gdansk	39
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Algeciras	Santander	Bilbao	Gdansk	57
III	Algeciras	Tarragone	Barcelone	Gdansk	57
IV	Algeciras	Dunkerque	Zeebrugge	Gdansk	58
V	Algeciras	Bilbao	Santander	Gdansk	58
VI	Algeciras	Alicante	Valence	Gdansk	58

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Algeciras			Gdansk	0,98
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Algeciras	Algeciras	Gdansk	Gdansk	0,239
III	Algeciras	Algeciras	Copenhagen	Gdansk	0,323
IV	Algeciras	Algeciras	Rostock	Gdansk	0,399
V	Algeciras	Algeciras	Hambourg	Gdansk	0,404
VI	Algeciras	Algeciras	Brême	Gdansk	0,429

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Algeciras			Gdansk	127404
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Algeciras	Algeciras	Gdansk	Gdansk	674
III	Algeciras	Algeciras	Copenhagen	Gdansk	14295
IV	Algeciras	Algeciras	Rostock	Gdansk	25393
V	Algeciras	Algeciras	Hambourg	Gdansk	27557
VI	Algeciras	Algeciras	Brême	Gdansk	31571

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Algeciras			Gdansk	0,248
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Algeciras	Cadix	Gdansk	Gdansk	0,009
III	Algeciras	Cadix	Copenhagen	Gdansk	0,035
IV	Algeciras	Cadix	Rostock	Gdansk	0,057
V	Algeciras	Cadix	Hambourg	Gdansk	0,061
VI	Algeciras	Cadix	Brême	Gdansk	0,069

**Evaluation between direct road freight transport and best five  
"Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Porto			Gdansk	3174
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Porto	La Corogne	Nantes	Gdansk	2902
III	Porto	La Corogne	Gdansk	Gdansk	2907
IV	Porto	Porto	Rotterdam	Gdansk	2924
V	Porto	La Corogne	Calais	Gdansk	2932
VI	Porto	La Corogne	Dunkerque	Gdansk	2946

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Porto			Gdansk	3333
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Porto	Porto	Gdansk	Gdansk	2356
III	Porto	Porto	Copenhagen	Gdansk	2512
IV	Porto	Porto	Hambourg	Gdansk	2611
V	Porto	Porto	Rostock	Gdansk	2682
VI	Porto	Porto	Rotterdam	Gdansk	2709

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Porto			Gdansk	35
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Porto	Santander	Bilbao	Gdansk	53
III	Porto	Bilbao	Santander	Gdansk	54
IV	Porto	Dunkerque	Zeebrugge	Gdansk	55
V	Porto	Zeebrugge	Dunkerque	Gdansk	55
VI	Porto	Rostock	Copenhagen	Gdansk	55

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Porto			Gdansk	0,88
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Porto	Porto	Gdansk	Gdansk	0,187
III	Porto	Porto	Copenhagen	Gdansk	0,271
IV	Porto	Porto	Rostock	Gdansk	0,343
V	Porto	Porto	Hambourg	Gdansk	0,349
VI	Porto	Porto	Brême	Gdansk	0,379

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Porto			Gdansk	114264
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Porto	Porto	Gdansk	Gdansk	527
III	Porto	Porto	Copenhagen	Gdansk	14149
IV	Porto	Porto	Rostock	Gdansk	25236
V	Porto	Porto	Hambourg	Gdansk	27399
VI	Porto	Porto	Brême	Gdansk	31431

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Porto			Gdansk	0,222
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Porto	Vigo	Gdansk	Gdansk	0,011
III	Porto	Vigo	Copenhagen	Gdansk	0,037
IV	Porto	Vigo	Rostock	Gdansk	0,059
V	Porto	Vigo	Hambourg	Gdansk	0,063
VI	Porto	Vigo	Brême	Gdansk	0,071

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Porto			Hambourg	2542
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Porto	Porto	Hambourg	Hambourg	2218
III	Porto	Porto	Rotterdam	Hambourg	2237
IV	Porto	La Corogne	Brême	Hambourg	2273
V	Porto	La Corogne	Calais	Hambourg	2277
VI	Porto	La Corogne	Nantes	Hambourg	2278

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Porto			Hambourg	2669
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Porto	Porto	Hambourg	Hambourg	1824
III	Porto	Porto	Brême	Hambourg	1948
IV	Porto	Porto	Rotterdam	Hambourg	1988
V	Porto	Porto	Anvers	Hambourg	2050
VI	Porto	Porto	Zeebrugge	Hambourg	2081

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Porto			Hambourg	28
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Porto	Santander	Bilbao	Hambourg	46
III	Porto	Zeebrugge	Rotterdam	Hambourg	47
IV	Porto	Bilbao	Santander	Hambourg	47
V	Porto	Dunkerque	Zeebrugge	Hambourg	48
VI	Porto	Zeebrugge	Dunkerque	Hambourg	48

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Porto			Hambourg	0,70
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Porto	Porto	Hambourg	Hambourg	0,142
III	Porto	Porto	Brême	Hambourg	0,175
IV	Porto	Porto	Rostock	Hambourg	0,206
V	Porto	Porto	Rotterdam	Hambourg	0,249
VI	Porto	Porto	Amsterdam	Hambourg	0,254

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Porto			Hambourg	91512
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Porto	Porto	Hambourg	Hambourg	399
III	Porto	Porto	Brême	Hambourg	4719
IV	Porto	Porto	Rostock	Hambourg	7344
V	Porto	Porto	Arhus	Hambourg	12636
VI	Porto	Porto	Amsterdam	Hambourg	17096

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Porto			Hambourg	0,178
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Porto	Vigo	Hambourg	Hambourg	0,011
III	Porto	Vigo	Brême	Hambourg	0,019
IV	Porto	Vigo	Rostock	Hambourg	0,024
V	Porto	Vigo	Arhus	Hambourg	0,034
VI	Porto	Vigo	Amsterdam	Hambourg	0,043

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Vigo			Naples	2599
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Vigo	Sète	Naples	Naples	2115
III	Vigo	Barcelone	Livorno	Naples	2488
IV	Vigo	Barcelone	La Spezia	Naples	2512
V	Vigo	Gijon	Bilbao	Naples	2539
VI	Vigo	Barcelone	Gênes	Naples	2544

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Vigo			Naples	2729
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Vigo	Sète	Naples	Naples	2156
III	Vigo	Valence	Livorno	Naples	2548
IV	Vigo	Valence	La Spezia	Naples	2576
V	Vigo	Valence	Gênes	Naples	2622
VI	Vigo	La Corogne	Bordeaux	Naples	2661

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Vigo			Naples	29
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Vigo	Santander	Bilbao	Naples	45
III	Vigo	Gênes	Livorno	Naples	46
IV	Vigo	Gênes	La Spezia	Naples	47
V	Vigo	Sète	Marseille	Naples	47
VI	Vigo	Gijon	Santander	Naples	47

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Vigo			Naples	0,72
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Vigo	Vigo	Naples	Naples	0,180
III	Vigo	Vigo	Livorno	Naples	0,329
IV	Vigo	Vigo	La Spezia	Naples	0,337
V	Vigo	Vigo	Gênes	Naples	0,358
VI	Vigo	Vigo	Marseille	Naples	0,450

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Vigo			Naples	93564
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Vigo	Vigo	Naples	Naples	509
III	Vigo	Vigo	Livorno	Naples	21745
IV	Vigo	Vigo	La Spezia	Naples	22824
V	Vigo	Vigo	Gênes	Naples	25840
VI	Vigo	Vigo	Marseille	Naples	39941

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Vigo			Naples	0,182
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Vigo	Porto	Naples	Naples	0,011
III	Vigo	Porto	Livorno	Naples	0,052
IV	Vigo	Porto	La Spezia	Naples	0,054
V	Vigo	Porto	Gênes	Naples	0,060
VI	Vigo	Porto	Marseille	Naples	0,088

**Evaluation between direct road freight transport and best five  
"Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Arhus			Santander	2275
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Arhus	Nantes	Santander	Santander	2090
III	Arhus	Nantes	Bilbao	Santander	2186
IV	Arhus	Nantes	Gijon	Santander	2315
V	Arhus	Rotterdam	Zeebrugge	Santander	2337
VI	Arhus	Rotterdam	Dunkerque	Santander	2340

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Arhus			Santander	2389
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Arhus	Hambourg	Santander	Santander	1940
III	Arhus	Hambourg	Bilbao	Santander	2076
IV	Arhus	Hambourg	Gijon	Santander	2110
V	Arhus	Hambourg	Bordeaux	Santander	2354
VI	Arhus	Hambourg	Zeebrugge	Santander	2426

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Arhus			Santander	25
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Arhus	Bilbao	Santander	Santander	42
III	Arhus	Zeebrugge	Dunkerque	Santander	44
IV	Arhus	Santander	Bilbao	Santander	44
V	Arhus	Dunkerque	Calais	Santander	44
VI	Arhus	Rotterdam	Zeebrugge	Santander	44

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Arhus			Santander	0,63
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Arhus	Arhus	Santander	Santander	0,158
III	Arhus	Arhus	Bilbao	Santander	0,186
IV	Arhus	Arhus	Gijon	Santander	0,204
V	Arhus	Arhus	Bordeaux	Santander	0,274
VI	Arhus	Arhus	La Corogne	Santander	0,294

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Arhus			Santander	81900
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Arhus	Arhus	Santander	Santander	445
III	Arhus	Arhus	Bilbao	Santander	4032
IV	Arhus	Arhus	Gijon	Santander	6800
V	Arhus	Arhus	Bordeaux	Santander	16193
VI	Arhus	Arhus	La Corogne	Santander	18031

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Arhus			Santander	0,159
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Arhus	Copenhagen	Santander	Santander	0,008
III	Arhus	Copenhagen	Bilbao	Santander	0,015
IV	Arhus	Copenhagen	Gijon	Santander	0,020
V	Arhus	Copenhagen	Bordeaux	Santander	0,039
VI	Arhus	Copenhagen	La Corogne	Santander	0,042

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Cherbourg			Dunkerque	509
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Cherbourg	Cherbourg	Calais	Dunkerque	340
III	Cherbourg	Cherbourg	Dunkerque	Dunkerque	352
IV	Cherbourg	Cherbourg	Le Havre	Dunkerque	450
V	Cherbourg	Cherbourg	Zeebrugge	Dunkerque	512
VI	Cherbourg	Cherbourg	Anvers	Dunkerque	724

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Cherbourg			Dunkerque	534
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Cherbourg	Cherbourg	Dunkerque	Dunkerque	424
III	Cherbourg	Cherbourg	Calais	Dunkerque	429
IV	Cherbourg	Cherbourg	Zeebrugge	Dunkerque	570
V	Cherbourg	Cherbourg	Le Havre	Dunkerque	591
VI	Cherbourg	Cherbourg	Anvers	Dunkerque	759

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Cherbourg			Dunkerque	6
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Cherbourg	Cherbourg	Le Havre	Dunkerque	23
III	Cherbourg	Dunkerque	Calais	Dunkerque	24
IV	Cherbourg	Dunkerque	Zeebrugge	Dunkerque	25
V	Cherbourg	Zeebrugge	Dunkerque	Dunkerque	25
VI	Cherbourg	Le Havre	Cherbourg	Dunkerque	28

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Cherbourg			Dunkerque	0,14
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Cherbourg	Cherbourg	Dunkerque	Dunkerque	0,022
III	Cherbourg	Cherbourg	Calais	Dunkerque	0,031
IV	Cherbourg	Cherbourg	Zeebrugge	Dunkerque	0,051
V	Cherbourg	Cherbourg	Anvers	Dunkerque	0,086
VI	Cherbourg	Cherbourg	Le Havre	Dunkerque	0,095

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Cherbourg			Dunkerque	18310
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Cherbourg	Cherbourg	Dunkerque	Dunkerque	63
III	Cherbourg	Cherbourg	Calais	Dunkerque	1637
IV	Cherbourg	Cherbourg	Zeebrugge	Dunkerque	3173
V	Cherbourg	Cherbourg	Anvers	Dunkerque	6811
VI	Cherbourg	Cherbourg	Rotterdam	Dunkerque	8893

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Cherbourg			Dunkerque	0,036
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Cherbourg	Le Havre	Dunkerque	Dunkerque	0,015
III	Cherbourg	Le Havre	Calais	Dunkerque	0,018
IV	Cherbourg	Le Havre	Zeebrugge	Dunkerque	0,021
V	Cherbourg	Le Havre	Anvers	Dunkerque	0,028
VI	Cherbourg	Le Havre	Rotterdam	Dunkerque	0,032

**Evaluation between direct road freight transport and best five  
"Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Porto			Valence	978
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Porto	Porto	Vigo	Valence	1123
III	Porto	Alicante	Valence	Valence	1217
IV	Porto	Porto	La Corogne	Valence	1289
V	Porto	Vigo	Porto	Valence	1291
VI	Porto	Vigo	Porto	Valence	1291

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Porto			Valence	1027
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Porto	Porto	Vigo	Valence	1291
III	Porto	Alicante	Valence	Valence	1380
IV	Porto	Porto	La Corogne	Valence	1415
V	Porto	Porto	Lisbonne	Valence	1432
VI	Porto	Porto	Alicante	Valence	1448

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Porto			Valence	11
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Porto	Porto	Vigo	Valence	31
III	Porto	Alicante	Valence	Valence	33
IV	Porto	Vigo	Porto	Valence	33
V	Porto	Vigo	Porto	Valence	33
VI	Porto	Vigo	Porto	Valence	33

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Porto			Valence	0,27
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Porto	Porto	Valence	Valence	0,107
III	Porto	Porto	Alicante	Valence	0,143
IV	Porto	Porto	Carthagène	Valence	0,168
V	Porto	Porto	Tarragone	Valence	0,188
VI	Porto	Porto	Barcelone	Valence	0,196

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Porto			Valence	35212
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Porto	Porto	Valence	Valence	301
III	Porto	Porto	Alicante	Valence	6676
IV	Porto	Porto	Tarragone	Valence	9666
V	Porto	Porto	Carthagène	Valence	11013
VI	Porto	Porto	Barcelone	Valence	12933

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Porto			Valence	0,068
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Porto	Vigo	Valence	Valence	0,011
III	Porto	Vigo	Alicante	Valence	0,023
IV	Porto	Vigo	Carthagène	Valence	0,032
V	Porto	Vigo	Barcelone	Valence	0,035
VI	Porto	La Corogne	Tarragone	Valence	0,039

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Algeciras			Frederikshavn	3487
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Algeciras	Carthagène	Frederikshavn	Frederikshavn	2781
III	Algeciras	Algeciras	Sète	Frederikshavn	3261
IV	Algeciras	Algeciras	Marseille	Frederikshavn	3325
V	Algeciras	Algeciras	Barcelone	Frederikshavn	3326
VI	Algeciras	Bilbao	Nantes	Frederikshavn	3328

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Algeciras			Frederikshavn	3661
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Algeciras	Carthagène	Frederikshavn	Frederikshavn	2410
III	Algeciras	Algeciras	Hambourg	Frederikshavn	3016
IV	Algeciras	Algeciras	Brême	Frederikshavn	3070
V	Algeciras	Algeciras	Arhus	Frederikshavn	3089
VI	Algeciras	Algeciras	Rotterdam	Frederikshavn	3142

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Algeciras			Frederikshavn	39
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Algeciras	Santander	Bilbao	Frederikshavn	56
III	Algeciras	Dunkerque	Zeebrugge	Frederikshavn	56
IV	Algeciras	Tarragone	Barcelone	Frederikshavn	57
V	Algeciras	Zeebrugge	Rotterdam	Frederikshavn	57
VI	Algeciras	Bilbao	Santander	Frederikshavn	57

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Algeciras			Frederikshavn	0,96
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Algeciras	Algeciras	Frederikshavn	Frederikshavn	0,216
III	Algeciras	Algeciras	Arhus	Frederikshavn	0,283
IV	Algeciras	Algeciras	Hambourg	Frederikshavn	0,338
V	Algeciras	Algeciras	Copenhagen	Frederikshavn	0,351
VI	Algeciras	Algeciras	Brême	Frederikshavn	0,366

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Algeciras			Frederikshavn	125532
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Algeciras	Algeciras	Frederikshavn	Frederikshavn	611
III	Algeciras	Algeciras	Arhus	Frederikshavn	7173
IV	Algeciras	Algeciras	Copenhagen	Frederikshavn	17895
V	Algeciras	Algeciras	Hambourg	Frederikshavn	18917
VI	Algeciras	Algeciras	Brême	Frederikshavn	23363

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Algeciras			Frederikshavn	0,244
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Algeciras	Cadix	Frederikshavn	Frederikshavn	0,009
III	Algeciras	Cadix	Arhus	Frederikshavn	0,021
IV	Algeciras	Cadix	Copenhagen	Frederikshavn	0,042
V	Algeciras	Cadix	Hambourg	Frederikshavn	0,044
VI	Algeciras	Cadix	Brême	Frederikshavn	0,053

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Carthagène			Brême	2381
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Carthagène	Carthagène	Sète	Brême	2219
III	Carthagène	Carthagène	Marseille	Brême	2274
IV	Carthagène	Alicante	Barcelone	Brême	2291
V	Carthagène	Alicante	Tarragone	Brême	2321
VI	Carthagène	Carthagène	Gênes	Brême	2385

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Carthagène			Brême	2500
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Carthagène	Carthagène	Sète	Brême	2251
III	Carthagène	Carthagène	Marseille	Brême	2287
IV	Carthagène	Carthagène	Gênes	Brême	2320
V	Carthagène	Carthagène	Barcelone	Brême	2399
VI	Carthagène	Carthagène	La Spezia	Brême	2433

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Carthagène			Brême	26
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Carthagène	Tarragone	Barcelone	Brême	45
III	Carthagène	Alicante	Valence	Brême	46
IV	Carthagène	Santander	Bilbao	Brême	46
V	Carthagène	Sète	Marseille	Brême	46
VI	Carthagène	Valence	Tarragone	Brême	46

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Carthagène			Brême	0,66
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Carthagène	Carthagène	Brême	Brême	0,219
III	Carthagène	Carthagène	Hambourg	Brême	0,261
IV	Carthagène	Carthagène	Rotterdam	Brême	0,299
V	Carthagène	Carthagène	Amsterdam	Brême	0,304
VI	Carthagène	Carthagène	Frederikshavn	Brême	0,317

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Carthagène			Brême	85705
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Carthagène	Carthagène	Brême	Brême	619
III	Carthagène	Carthagène	Hambourg	Brême	4963
IV	Carthagène	Carthagène	Rostock	Brême	11583
V	Carthagène	Carthagène	Amsterdam	Brême	13361
VI	Carthagène	Carthagène	Rotterdam	Brême	14593

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Carthagène			Brême	0,167
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Carthagène	Alicante	Brême	Brême	0,009
III	Carthagène	Alicante	Hambourg	Brême	0,017
IV	Carthagène	Alicante	Rostock	Brême	0,030
V	Carthagène	Alicante	Amsterdam	Brême	0,033
VI	Carthagène	Alicante	Rotterdam	Brême	0,036

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Barcelone			Brême	1729
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Barcelone	Barcelone	Sète	Brême	1700
III	Barcelone	Barcelone	Marseille	Brême	1748
IV	Barcelone	Barcelone	Gênes	Brême	1889
V	Barcelone	Barcelone	Tarragone	Brême	1931
VI	Barcelone	Tarragone	Barcelone	Brême	1942

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Barcelone			Brême	1815
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Barcelone	Barcelone	Sète	Brême	1862
III	Barcelone	Barcelone	Marseille	Brême	1893
IV	Barcelone	Barcelone	Gênes	Brême	1947
V	Barcelone	Bordeaux	Brême	Brême	2065
VI	Barcelone	Barcelone	La Spezia	Brême	2066

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Barcelone			Brême	19
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Barcelone	Sète	Marseille	Brême	39
III	Barcelone	Dunkerque	Zeebrugge	Brême	39
IV	Barcelone	Barcelone	Tarragone	Brême	39
V	Barcelone	Barcelone	Sète	Brême	39
VI	Barcelone	Tarragone	Barcelone	Brême	39

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Barcelone			Brême	0,48
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Barcelone	Barcelone	Brême	Brême	0,250
III	Barcelone	Barcelone	Hambourg	Brême	0,290
IV	Barcelone	Barcelone	Rotterdam	Brême	0,333
V	Barcelone	Barcelone	Amsterdam	Brême	0,338
VI	Barcelone	Barcelone	Anvers	Brême	0,350

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Barcelone			Brême	62244
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Barcelone	Barcelone	Brême	Brême	706
III	Barcelone	Barcelone	Hambourg	Brême	5044
IV	Barcelone	Barcelone	Rostock	Brême	11664
V	Barcelone	Barcelone	Amsterdam	Brême	13458
VI	Barcelone	Barcelone	Rotterdam	Brême	14690

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Barcelone			Brême	0,121
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Barcelone	Tarragone	Brême	Brême	0,007
III	Barcelone	Tarragone	Hambourg	Brême	0,016
IV	Barcelone	Tarragone	Rostock	Brême	0,028
V	Barcelone	Tarragone	Amsterdam	Brême	0,032
VI	Barcelone	Tarragone	Rotterdam	Brême	0,034

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Madrid			Rome	1976
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Madrid	Barcelone	Livorno	Rome	1737
III	Madrid	Barcelone	La Spezia	Rome	1763
IV	Madrid	Barcelone	Gênes	Rome	1795
V	Madrid	Barcelone	Marseille	Rome	1877
VI	Madrid	Sète	Naples	Rome	1914

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Madrid			Rome	2075
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Madrid	Valence	Livorno	Rome	1706
III	Madrid	Valence	La Spezia	Rome	1734
IV	Madrid	Valence	Gênes	Rome	1781
V	Madrid	Alicante	Naples	Rome	1845
VI	Madrid	Valence	Marseille	Rome	1970

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Madrid			Rome	22
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Madrid	Gênes	Livorno	Rome	40
III	Madrid	Gênes	La Spezia	Rome	40
IV	Madrid	Sète	Marseille	Rome	40
V	Madrid	Tarragone	Barcelone	Rome	40
VI	Madrid	Santander	Bilbao	Rome	41

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Madrid			Rome	0,55
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Madrid	Alicante	Naples	Rome	0,263
III	Madrid	Valence	Livorno	Rome	0,272
IV	Madrid	Valence	La Spezia	Rome	0,280
V	Madrid	Valence	Gênes	Rome	0,300
VI	Madrid	Valence	Marseille	Rome	0,389

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Madrid			Rome	71147
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Madrid	Valence	Naples	Rome	21216
III	Madrid	Valence	Livorno	Rome	27307
IV	Madrid	Valence	La Spezia	Rome	28429
V	Madrid	Valence	Gênes	Rome	31454
VI	Madrid	Valence	Marseille	Rome	45480

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Madrid			Rome	0,138
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Madrid	Valence	Naples	Rome	0,040
III	Madrid	Valence	Livorno	Rome	0,053
IV	Madrid	Valence	La Spezia	Rome	0,055
V	Madrid	Valence	Gênes	Rome	0,061
VI	Madrid	Valence	Marseille	Rome	0,088

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Madrid			Milan	1596
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Madrid	Barcelone	Gênes	Milan	1428
III	Madrid	Barcelone	Marseille	Milan	1496
IV	Madrid	Barcelone	La Spezia	Milan	1557
V	Madrid	Barcelone	Sète	Milan	1583
VI	Madrid	Barcelone	Livorno	Milan	1637

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Madrid			Milan	1675
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Madrid	Valence	Gênes	Milan	1396
III	Madrid	Valence	La Spezia	Milan	1518
IV	Madrid	Valence	Marseille	Milan	1570
V	Madrid	Valence	Livorno	Milan	1601
VI	Madrid	Valence	Sète	Milan	1674

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Madrid			Milan	18
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Madrid	Sète	Marseille	Milan	36
III	Madrid	Tarragone	Barcelone	Milan	36
IV	Madrid	Santander	Bilbao	Milan	37
V	Madrid	Gênes	La Spezia	Milan	38
VI	Madrid	Barcelone	Tarragone	Milan	38

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Madrid			Milan	0,44
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Madrid	Valence	Gênes	Milan	0,199
III	Madrid	Valence	La Spezia	Milan	0,224
IV	Madrid	Valence	Livorno	Milan	0,245
V	Madrid	Valence	Marseille	Milan	0,284
VI	Madrid	Valence	Sète	Milan	0,321

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Madrid			Milan	57442
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Madrid	Valence	Gênes	Milan	18246
III	Madrid	Valence	La Spezia	Milan	21013
IV	Madrid	Valence	Livorno	Milan	23707
V	Madrid	Valence	Marseille	Milan	31779
VI	Madrid	Valence	Sète	Milan	37227

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Madrid			Milan	0,112
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Madrid	Valence	Gênes	Milan	0,035
III	Madrid	Valence	La Spezia	Milan	0,041
IV	Madrid	Valence	Livorno	Milan	0,046
V	Madrid	Valence	Marseille	Milan	0,062
VI	Madrid	Valence	Sète	Milan	0,072

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Madrid			Varsovie	3026
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Madrid	Bilbao	Nantes	Varsovie	2823
III	Madrid	Zeebrugge	Rotterdam	Varsovie	3015
IV	Madrid	Barcelone	Sète	Varsovie	3018
V	Madrid	Bilbao	Bordeaux	Varsovie	3018
VI	Madrid	Barcelone	Gênes	Varsovie	3025

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Madrid			Varsovie	3177
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Madrid	Santander	Gdansk	Varsovie	2877
III	Madrid	Santander	Hambourg	Varsovie	2910
IV	Madrid	Santander	Rotterdam	Varsovie	2944
V	Madrid	Santander	Copenhague	Varsovie	2965
VI	Madrid	Gijon	Brême	Varsovie	2974

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Madrid			Varsovie	34
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Madrid	Dunkerque	Zeebrugge	Varsovie	51
III	Madrid	Santander	Bilbao	Varsovie	51
IV	Madrid	Zeebrugge	Dunkerque	Varsovie	52
V	Madrid	Zeebrugge	Rotterdam	Varsovie	52
VI	Madrid	Dunkerque	Calais	Varsovie	52

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Madrid			Varsovie	0,84
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Madrid	Bilbao	Gdansk	Varsovie	0,370
III	Madrid	Bilbao	Copenhague	Varsovie	0,437
IV	Madrid	Santander	Rostock	Varsovie	0,464
V	Madrid	Santander	Hambourg	Varsovie	0,469
VI	Madrid	Bilbao	Brême	Varsovie	0,489

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Madrid			Varsovie	108936
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Madrid	Valence	Gdansk	Varsovie	26018
III	Madrid	Valence	Copenhague	Varsovie	37300
IV	Madrid	Valence	Rostock	Varsovie	42200
V	Madrid	Valence	Hambourg	Varsovie	44363
VI	Madrid	Valence	Brême	Varsovie	47024

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Madrid			Varsovie	0,212
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Madrid	Valence	Gdansk	Varsovie	0,049
III	Madrid	Valence	Copenhague	Varsovie	0,071
IV	Madrid	Valence	Rostock	Varsovie	0,081
V	Madrid	Valence	Hambourg	Varsovie	0,085
VI	Madrid	Valence	Brême	Varsovie	0,090

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Madrid			Vienne	2445
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Madrid	Barcelone	Gênes	Vienne	2267
III	Madrid	Barcelone	La Spezia	Vienne	2291
IV	Madrid	Barcelone	Livorno	Vienne	2291
V	Madrid	Barcelone	Marseille	Vienne	2346
VI	Madrid	Barcelone	Sète	Vienne	2433

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Madrid			Vienne	2568
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Madrid	Valence	Gênes	Vienne	2277
III	Madrid	Valence	Livorno	Vienne	2288
IV	Madrid	Valence	La Spezia	Vienne	2289
V	Madrid	Valence	Marseille	Vienne	2462
VI	Madrid	Valence	Sète	Vienne	2566

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Madrid			Vienne	27
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Madrid	Sète	Marseille	Vienne	45
III	Madrid	Tarragone	Barcelone	Vienne	46
IV	Madrid	Gênes	La Spezia	Vienne	46
V	Madrid	Gênes	Livorno	Vienne	46
VI	Madrid	Santander	Bilbao	Vienne	46

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Madrid			Vienne	0,67
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Madrid	Valence	Livorno	Vienne	0,425
III	Madrid	Valence	La Spezia	Vienne	0,426
IV	Madrid	Valence	Gênes	Vienne	0,430
V	Madrid	Bilbao	Brême	Vienne	0,482
VI	Madrid	Santander	Rostock	Vienne	0,492

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Madrid			Vienne	88031
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Madrid	Valence	Rostock	Vienne	45836
III	Madrid	Valence	Copenhague	Vienne	46048
IV	Madrid	Valence	Brême	Vienne	46192
V	Madrid	Valence	Livorno	Vienne	47251
VI	Madrid	Valence	La Spezia	Vienne	47430

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Madrid			Vienne	0,171
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Madrid	Valence	Rostock	Vienne	0,088
III	Madrid	Valence	Copenhague	Vienne	0,088
IV	Madrid	Valence	Brême	Vienne	0,089
V	Madrid	Valence	Livorno	Vienne	0,092
VI	Madrid	Valence	La Spezia	Vienne	0,092

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Valence			Brême	2071
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Valence	Valence	Sète	Brême	1997
III	Valence	Valence	Marseille	Brême	2054
IV	Valence	Valence	Tarragone	Brême	2068
V	Valence	Tarragone	Barcelone	Brême	2100
VI	Valence	Valence	Gênes	Brême	2181

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Valence			Brême	2174
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Valence	Valence	Sète	Brême	2084
III	Valence	Valence	Marseille	Brême	2122
IV	Valence	Valence	Gênes	Brême	2167
V	Valence	Valence	Tarragone	Brême	2257
VI	Valence	Bilbao	Brême	Brême	2281

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Valence			Brême	23
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Valence	Tarragone	Barcelone	Brême	41
III	Valence	Sète	Marseille	Brême	43
IV	Valence	Valence	Tarragone	Brême	43
V	Valence	Dunkerque	Zeebrugge	Brême	43
VI	Valence	Barcelone	Sète	Brême	43

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Valence			Brême	0,57
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Valence	Valence	Brême	Brême	0,239
III	Valence	Valence	Hambourg	Brême	0,273
IV	Valence	Valence	Rotterdam	Brême	0,314
V	Valence	Valence	Amsterdam	Brême	0,320
VI	Valence	Valence	Rostock	Brême	0,335

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Valence			Brême	74538
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Valence	Valence	Brême	Brême	674
III	Valence	Valence	Hambourg	Brême	4997
IV	Valence	Valence	Rostock	Brême	11618
V	Valence	Valence	Amsterdam	Brême	13406
VI	Valence	Valence	Rotterdam	Brême	14637

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Valence			Brême	0,145
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Valence	Alicante	Brême	Brême	0,012
III	Valence	Alicante	Hambourg	Brême	0,021
IV	Valence	Alicante	Rostock	Brême	0,034
V	Valence	Alicante	Amsterdam	Brême	0,037
VI	Valence	Alicante	Rotterdam	Brême	0,040

**Evaluation between direct road freight transport and best five  
"Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Porto			Santander	711
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Porto	Gijon	Santander	Santander	727
III	Porto	Porto	Vigo	Santander	731
IV	Porto	La Corogne	Gijon	Santander	762
V	Porto	Porto	La Corogne	Santander	816
VI	Porto	Santander	Bilbao	Santander	878

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Porto			Santander	747
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Porto	Porto	Santander	Santander	715
III	Porto	Porto	Gijon	Santander	811
IV	Porto	Porto	Bilbao	Santander	871
V	Porto	Porto	Vigo	Santander	880
VI	Porto	Porto	La Corogne	Santander	919

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Porto			Santander	8
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Porto	Bilbao	Santander	Santander	26
III	Porto	Porto	Vigo	Santander	27
IV	Porto	Santander	Bilbao	Santander	27
V	Porto	La Corogne	Gijon	Santander	29
VI	Porto	Vigo	Porto	Santander	30

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Porto			Santander	0,20
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Porto	Porto	Santander	Santander	0,047
III	Porto	Porto	Bilbao	Santander	0,079
IV	Porto	Porto	Gijon	Santander	0,088
V	Porto	Porto	La Corogne	Santander	0,156
VI	Porto	Porto	Vigo	Santander	0,168

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Porto			Santander	25610
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Porto	Porto	Santander	Santander	133
III	Porto	Porto	Bilbao	Santander	3731
IV	Porto	Porto	Gijon	Santander	6473
V	Porto	Porto	Bordeaux	Santander	15954
VI	Porto	Porto	La Corogne	Santander	17641

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Porto			Santander	0,050
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Porto	Vigo	Santander	Santander	0,011
III	Porto	Vigo	Bilbao	Santander	0,018
IV	Porto	Vigo	Gijon	Santander	0,023
V	Porto	Vigo	Bordeaux	Santander	0,042
VI	Porto	Vigo	La Corogne	Santander	0,045

**Evaluation between direct road freight transport and best five "Road/Short Sea Shipping" options**

Direct road transport option by distance criteria					[km]
I	Carthagène			Le Havre	1905
Five Shortest Chains (road/sea/road) by distance criteria					
II	Carthagène	Bilbao	Nantes	Le Havre	1670
III	Carthagène	Carthagène	Sète	Le Havre	1755
IV	Carthagène	Alicante	Barcelone	Le Havre	1817
V	Carthagène	Carthagène	Marseille	Le Havre	1841
VI	Carthagène	Alicante	Tarragone	Le Havre	1847

Direct road transport option by costs criteria					[€]
I	Carthagène			Le Havre	2000
Five Shortest Chains (road/sea/road) by costs criteria					
II	Carthagène	Carthagène	Sète	Le Havre	1764
III	Carthagène	Bilbao	Nantes	Le Havre	1780
IV	Carthagène	Carthagène	Marseille	Le Havre	1832
V	Carthagène	Santander	Le Havre	Le Havre	1835
VI	Carthagène	Carthagène	Barcelone	Le Havre	1902

Direct road transport option by delay criteria					[hours]
I	Carthagène			Le Havre	21
Five Shortest Chains (road/sea/road) by delay criteria					
II	Carthagène	Santander	Bilbao	Le Havre	39
III	Carthagène	Tarragone	Barcelone	Le Havre	39
IV	Carthagène	Bilbao	Santander	Le Havre	40
V	Carthagène	Alicante	Valence	Le Havre	40
VI	Carthagène	Valence	Tarragone	Le Havre	41

Direct road transport option by energy consumption criteria					[tep]
I	Carthagène			Le Havre	0,53
Five Shortest Chains (road/sea/road) by energetic consumption criteria					
II	Carthagène	Carthagène	Le Havre	Le Havre	0,171
III	Carthagène	Carthagène	Cherbourg	Le Havre	0,225
IV	Carthagène	Carthagène	Nantes	Le Havre	0,253
V	Carthagène	Carthagène	Calais	Le Havre	0,256
VI	Carthagène	Carthagène	Dunkerque	Le Havre	0,270

Direct road transport option by pollution criteria					[g CO]
I	Carthagène			Le Havre	68576
Five Shortest Chains (road/sea/road) by pollution criteria					
II	Carthagène	Carthagène	Le Havre	Le Havre	484
III	Carthagène	Carthagène	Cherbourg	Le Havre	8251
IV	Carthagène	Carthagène	Calais	Le Havre	10407
V	Carthagène	Carthagène	Dunkerque	Le Havre	11778
VI	Carthagène	Carthagène	Nantes	Le Havre	14234

Direct road transport option by road damage criteria					[€]
I	Carthagène			Le Havre	0,133
Five Shortest Chains (road/sea/road) by road damage criteria					
II	Carthagène	Alicante	Le Havre	Le Havre	0,009
III	Carthagène	Alicante	Cherbourg	Le Havre	0,024
IV	Carthagène	Alicante	Calais	Le Havre	0,028
V	Carthagène	Alicante	Dunkerque	Le Havre	0,031
VI	Carthagène	Alicante	Nantes	Le Havre	0,035

## Index des Figures

Fig.1	La consolidation de la charge en unités standard .....	14
Fig.2	Le marquage sur les conteneurs .....	15
Fig.3	Structure d'un conteneur .....	17
Fig.4	Diagramme de cause et effet de la course vers le super porte-conteneurs .....	24
Fig.5	Augmentation de la flotte mondiale de navires porte-conteneurs .....	25
Fig.6	La capacité portuaire pour desservir les trafics de marchandises conteneurisées .....	34
Fig.7	Système de ports de concentration et de ports de rayonnement « Hubs & Spokes » .....	44
Fig.8	Ports européens analysés .....	48
Fig.9	Positionnement des principaux ports européens dans le système de ports de concentration et de rayonnement « Hubs & Spokes » .....	49
Fig.10	Trafic de conteneurs et RQS pour les ports fortement spécialisés pour l'accueil de navires porte-conteneurs et la manutention de conteneurs (axe 1) .....	51
Fig.11	Trafic de conteneurs et RQS pour les ports définis comme de concentration « Hubs » consolidés et en consolidation (axe 2) .....	54
Fig.12	Concentration des trafics conteneurisés et le niveau de spécialisation pour la manutention portuaire de conteneurs en Europe.....	57
Fig.13	Pourcentage de la distribution modale du transport terrestre de marchandises en Europe .....	65
Fig.14	Evolution des volumes de marchandises transportées par mode dans l'UE- 15 dans la période 1970-2001 (1000 Millions tkm) .....	66
Fig.15	Schémas des types de trafics composant le cabotage de marchandises...	71
Fig.16	Consommation d'énergie par mode de transport pour l'UE-15 en 2000 (tep/tkm).....	72

Fig.17	Croissance moyenne cumulée de modes de transport dans l'Europe des 15.....	74
Fig.18	Ordre de grandeur des prix des transports terrestres en Europe.....	77
Fig.19	Structure des avantages par mode de transport en fonction des 5 critères du choix du chargeur.....	81
Fig.20	Part de marché de transport terrestre de fret transférable vers le cabotage en volume selon l'étude commandée pour la CCE en 1995.....	95
Fig.21	Projets de promotion du cabotage soutenus par la CE pendant la période 1995-1998 .....	101
Fig.22	Répartition modale des tonnages et de la valeur des échanges entre pays européens UE-15 en 2003.....	117
Fig.23	Investissement en infrastructures de transport dans les pays de l'union européenne par mode dans la période 1990 – 1995.....	120
Fig.24	Emploi généré en Europe UE-15 par mode de transport en 2000 .....	122
Fig.25	Proportion de l'emploi généré par mode de transport dans l'UE-15...	123
Fig.26	Le cercle vicieux du transport de cabotage de fret en Europe.....	125
Fig.27	Les trafics de cabotage par pays en EU-15 en 2001.....	132
Fig.28	La composition des trafics de cabotage en Europe 2001.....	132
Fig.29	Développement du cabotage Lo-Lo et Ro-Ro par pays, EU-15 2001 .....	135
Fig.30	Les caractéristiques des navires et des services des lignes de cabotage dans la modalité de porte-conteneurs Lo-Lo.....	151
Fig.31	Le cabotage européen de porte-conteneurs Lo-Lo en 2002.. .....	152
Fig.32	Principales villes de concentration et d'éclatement des flux routiers de marchandises.....	170
Fig.33	Comparaison des coûts des alternatives au transport de fret pour la desserte Barcelone- Berne.....	178
Fig.34	Comparaison des délais des alternatives de transport de fret pour la desserte Barcelone- Berne.....	179

Fig.35	Facteurs externes au cabotage qui empêchent son développement au sens de chaînes multimodales.....	181
Fig.36	Schéma des principales opportunités de transfert des flux terrestres vers le cabotage.....	190
Fig.37	Modèle de choix modal par minimisation de coûts de tonnages transportés.....	200
Fig.38	Ratio de temps de voyage pour le choix modal.....	203
Fig.39	Théorie pour l'obtention du point de rupture de la demande (Break point for modal choice).....	206
Fig.40	Théorie du modèle LOGIT pour le choix modal.....	208
Fig.41	Courbe Logistique pour le choix modal.....	210
Fig.42	Schéma comparatif du transport routier et du transport combiné rail-route .....	212
Fig.43	Construction de l'aire de marché du transport combiné rail – route....	214
Fig.44	Problème classique du choix de transport en considérant différentes options modales.....	218
Fig.45	Critères de choix et utilités potentielles de comparaison attribuables aux distances physiques pour l'obtention des DET.....	222
Fig.46	Problème de choix de transport entre A et B en considérant un graphe de quatre sommets pour deux modes de transport.....	225
Fig.47	Graphe de référence bimodal, maritime-routier, pour le problème du choix de transport entre A et B.....	227
Fig.48	Représentations d'un réseau selon la théorie des graphes.....	230
Fig.49	Représentations de graphes simples orientés et non orientés.....	232
Fig.50	Représentation d'un multigraphe (3-graphe).....	234
Fig.51	Représentation sagittale des sous-graphes et graphes partiels.....	236
Fig.52	Graphes pour lesquels les algorithmes du « chemin le plus court » ont été conçus.....	244

Fig.53	Formalisation de l'algorithme pour l'obtention de la « chaîne la plus courte » entre deux sommets d'un graphe connexe non-orienté.....	247
Fig.54	Organigramme de l'algorithme pour l'obtention de la « chaîne la plus courte » entre deux sommets d'un graphe connexe non-orienté.....	248
Fig.55	Application de l'algorithme pour la détermination de chaînes optimales « la chaîne la plus courte » .....	249
Fig.56	Application de l'algorithme pour la détermination de chaînes optimales « la chaîne la plus courte » (évolution graphique).....	250
Fig.57	Forme générale des matrices modales « DT ».....	254
Fig.58	Forme générale des matrices modales « DET ».....	255
Fig.59	Superposition des graphes modaux de transport pour la constitution du graphe de référence ou « graphe intermodal ».....	257
Fig.60	Exemple d'obtention de la chaîne multimodale la plus courte.....	259
Fig.61	Valeurs moyennes des variables utilisées pour l'analyse des chaînes bimodales de transport maritime et routier.....	270
Fig.62	Courbes comparatives des délais de transport entre le transport routier et le cabotage à partir de Porto pour des navires classiques et pour des navires rapides.....	302
Fig.63	Distances de navigation directe et d'autoroutes entre Porto et les villes de la ligne de cabotage proposée « Porto-Gdansk » .....	304
Fig.64	Distances et temps de navigation des navires rapides pour la ligne de cabotage proposée « Porto – Gdansk » .....	306

## Index des Cartes

Carte 1. Principales routes des services conteneurisés au Monde.....	42
Carte 2. Les huit corridors pour le développement du cabotage en Europe selon l'étude commandée par la CCE en 1995.....	96
Carte 3. Flux totaux de poids lourds par les points de passage frontaliers recensés dans l'enquête de 2004.....	161
Carte 4. Échanges routiers transpyrénéens de marchandises dans le sens Nord-Sud .....	164
Carte 5. Échanges routiers transpyrénéens de marchandises dans le sens Sud-Nord .....	165
Carte 6. Transit routier transpyrénéen de marchandises dans le sens Nord-Sud.....	166
Carte 7. Transit routier transpyrénéen de marchandises dans le sens Sud-Nord.....	167
Carte 8. Développement planifié du réseau routier européen à l'horizon 2020.....	173
Carte 9. Développement planifié du réseau routier français à l'horizon 2020.....	174
Carte 10. Développement planifié du réseau ferroviaire européen à l'horizon 2020 .....	175
Carte 11. Trafic routier distribué à partir des principales villes du réseau routier, 1999 .....	186
Carte 12. Trafic routier collecté par les principales villes du réseau routier, 1999 .....	187
Carte 13. Population des villes et des ports sélectionnés pour l'analyse des liaisons compétitives de cabotage.....	268
Carte 14. Ports avec un potentiel acceptable pour le développement du cabotage .....	278
Carte 15. Ports avec un potentiel de plus de 75 liaisons portuaires de cabotage compétitives.....	282
Carte 16. Ports avec un potentiel de plus de 150 liaisons portuaires de cabotage compétitives.....	283

Carte 17. Lignes maritimes directes de cabotage à grand potentiel de transfert de fret routier.....	287
Carte 18. Lignes maritimes de cabotage à grand potentiel de transfert de fret routier .....	290
Carte 19. Potentiel de transfert de fret routier vers les lignes directes de cabotage identifiées (30% du trafic routier).....	294
Carte 20. Potentiel de transfert de fret routier vers les lignes de cabotage identifiées (30% du trafic routier).....	295

## **Index des Photos**

Photo 1.	Terminal de conteneurs de Gioia Tauro, Italie.....	16
Photo 2.	Les équipements concrétisent l'interface « Mer – terre ».....	19
Photo 3.	Navires porte-conteneurs de quatrième et de cinquième génération .....	22
Photo 4.	Congestion des autoroutes par des poids lourds.....	191

# TABLE DE MATIÈRES

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre 1. Le cabotage de fret dans l'environnement du transport maritime mondial</b> .....	5
1.1 Qu'est-ce que le cabotage ? .....	5
1.2 L'environnement du transport maritime mondial de fret, quelles perspectives pour le cabotage ? .....	9
1.3 L'évolution qualitative et quantitative du transport maritime.....	12
1.3.1 Le conteneur, moteur des changements portuaires.....	12
1.3.2 L'évolution de la manutention portuaire.....	18
1.4 Le gigantisme de porte-conteneurs et leurs routes transocéaniques, comme cause de reconversion des fonctions portuaires.....	26
1.4.1 L'effet de diminution du nombre de navires de transport par rapport au nombre de conteneurs transportés.....	27
1.4.2 Une réduction progressive des équipages par rapport aux tonnages transportés.....	28
1.4.3 Une restructuration permanente de la circulation maritime.....	29
1.4.4 Le déséquilibre croissant entre « Capacité portuaire installée » et « Capacité portuaire utilisée » dans un pays.....	38
1.4.5 L'augmentation de l'incertitude sur l'avenir des trafics conteneurisés dans les ports.....	38
1.4.6 La formation des alliances d'armateurs qui génère une dynamique commerciale de groupes maritimes.....	39

1.5	La dynamique des ports de concentration et des ports de rayonnement «Hubs & Spokes».....	40
1.5.1	Les routes maritimes.....	40
1.5.2	L'origine du système « Hubs & Spokes ».....	43
1.5.3	Les conditions concurrentielles des ports en Europe.....	45
1.6	Les facteurs du succès des ports de concentration et le positionnement des principaux ports européennes dans la dynamique « Hubs & Spokes ».....	55
1.7	Quelle place pour le cabotage en Europe ? .....	64
	<b>Conclusion</b> .....	68

## **Chapitre 2. La politique européenne et la concurrence modale du transport maritime de cabotage.....70**

2.1	Le cabotage intra européen et le cabotage de récollection « feederling » .....	70
2.2	Le cadre concurrentiel du cabotage.....	72
2.2.1	Le mode de transport dominant de la concurrence modale terrestre .....	74
2.2.2	Le chemin de fer, un mode de transport dépassé ? .....	75
2.2.3	Le transport fluvial, un mode de transport économique, écologique et efficace mais très confiné.....	76
2.3	Les critères du choix modal des chargeurs .....	77
2.3.1	Les modes de transport aux yeux de chargeurs.....	79
2.3.2	La structure de choix par mode.....	80

2.4	La politique maritime communautaire en Europe.....	87
2.5	La politique de l'Union Européenne au sujet du cabotage.....	89
2.5.1	Le cadre réglementaire .....	89
2.5.2	Le début de la politique de promotion du cabotage .....	90
2.5.3	L'étude des corridors de cabotage de la « Commission de Communautés Européennes » en 1995 ; un premier pas .....	92
2.5.4	L'action communautaire pour le développement du cabotage .....	98
2.6	Causes structurelles d'inefficience du transport maritime de cabotage ...	102
2.7	La continuité de la politique européenne sur le cabotage .....	110
2.7.1	Développer le cabotage de façon équilibrée .....	110
2.7.2	Entre grandes perspectives et abandon communautaire .....	114
2.7.3	Quelle raison de la discrimination au cabotage ? .....	118
	<b>Conclusion</b> .....	127

**Chapitre 3. Analyse de la situation du cabotage et du transport routier de fret de marchandise en Europe ; Quelles opportunités de transfert ?** .....

3.1	Les lignes de cabotage en service.....	130
3.1.1	Les trafics de cabotage en Europe.....	130
3.1.2	Résultats des lignes de cabotage récemment implantées en Europe .....	136
3.2	Les modalités des lignes de cabotage par rapport à leur organisation fonctionnelle et au type des navires.....	143

3.2.1	Les lignes de cabotage appartenant aux chaînes de distribution et de production industrielle.....	144
3.2.2	Les lignes de cabotage par rapport au navire.....	147
3.3	L'augmentation du cabotage intra européen, un challenge multi acteurs.....	153
3.3.1	La position des armateurs.....	153
3.3.2	Les ambitions des administrations portuaires.....	156
3.3.3	Les acteurs politiques.....	159
3.4	Les opportunités de transfert routier de fret vers le cabotage.....	159
3.4.1	La circulation routière des échanges intra européens.....	159
3.4.2	Les engorgements, la saturation et les coûts élevés, les limites du choix routier .....	171
3.4.3	Détermination géographique des flux routiers de fret, désagrégation des données de l'enquête de transport 1999 .....	184
3.4.4	Une première approche des possibilités de transfert de fret routier vers le cabotage en Europe .....	188
	<b>Conclusion .....</b>	<b>192</b>

	<b>Chapitre 4. La question du choix modal et la proposition de notre modèle: « Distances équivalentes de transport pour le choix de chaînes multimodales » (DETCCM) .....</b>	<b>195</b>
4.1	Les modèles de choix modal, pertinence et limites.....	195
4.2	La question du choix modal .....	195

4.3	Les modèles de choix modal .....	198
4.3.1	Méthode de minimisation de coûts de tonnages transportés.....	199
4.3.2	Méthode de minimisation de délais de transport (Travel time ratio for modal choice).....	201
4.3.3	Méthode de point de rupture de la demande (Break point for modal choice).....	206
4.3.4	Le modèle LOGIT pour le choix modal.....	207
4.3.5	Le modèle de la courbe logistique.....	209
4.3.6	La théorie des aires de marché .....	211
4.4	Proposition d'un modèle de choix entre chaînes multimodales de transport : « Distances équivalentes de transport pour le choix de chaînes multimodales » (DETCCM).....	216
4.4.1	Quel type des données pour notre modèle ? .....	216
4.4.2	Le problème du choix modal, un double choix .....	217
4.4.3	La conceptualisation du choix entre chaînes multimodales .....	219
4.4.4	Les nœuds .....	220
4.4.5	Les arêtes .....	220
4.4.6	Les distances équivalentes de transport (DET) .....	223
4.5	Quelques éléments de la théorie des graphes .....	229
4.5.1	Graphes simples orientés .....	229
4.5.2	Graphes simples non orientés .....	231
4.5.3	Multigraphes .....	233
4.5.4	Sous-graphes, graphes partiels .....	235
4.5.5	Applications de la théorie des graphes .....	236

4.6	Algorithmes de plus court chemin .....	238
4.6.1	Algorithme de Dijkstra .....	239
4.6.2	Algorithme de Bellman et Ford .....	241
4.6.3	Quel algorithme pour notre modèle ? .....	242
4.7	Algorithme pour l'obtention de la « chaîne la plus courte » entre deux sommets d'un graphe connexe non-orienté .....	245
4.8	Méthode du modèle et obtention de « la chaîne multimodale optimale » pour le choix multimodal de transports .....	251
	<b>Conclusion</b> .....	261

## **Chapitre 5. Identification des lignes de cabotage à fort potentiel de transfert de fret routier, scénario de transfert et propositions pour le développement du cabotage** .....

5.1	Application du modèle de « Distances équivalentes de transport pour le choix de chaînes multimodales » (DETCCM) au cas de transport bimodal maritime et routier en Europe Occidentale .....	264
5.1.1	Paramètres d'application du modèle (DETCCM) pour la détection de chaînes intermodales « mer-route » minimales .....	266
5.2	Identification des ports à fort potentiel pour le développement de liaisons de cabotage plus compétitives que l'alternative routière .....	271
5.2.1	Les ports sur les côtes à forte densité portuaire.....	272
5.2.2	Les ports insulaires.....	275
5.2.3	Les ports exclusifs d'une zone côtière.....	276
5.2.4	Les couples de ports exclusifs sur une zone côtière.....	276

5.3	Classification des ports en fonction de leur potentiel de développement des liaisons de cabotage compétitives.....	279
5.3.1	Les ports à faible potentiel de développement des liaisons de cabotage.....	279
5.3.2	Les ports à potentiel acceptable pour développer des liaisons de cabotage maritime.....	280
5.3.3	Les ports à fort potentiel pour développer des liaisons de cabotage .....	280
5.4	Identification des lignes de cabotage adaptées aux potentiels des ports et aux flux de fret routier.....	284
5.4.1	Proposition de lignes directes entre ports (shuttle service).....	284
5.4.2	Proposition de lignes multi-escales pour les ports à fort potentiel de cabotage.....	288
5.4.3	Scénario de transfert potentiel de 30% du fret routier.....	291
5.5	Propositions pour développer le cabotage et atteindre l'objectif de transfert modal de la route vers la mer.....	296
5.5.1	Propositions pour réduire les délais portuaires.....	297
5.5.2	Propositions pour augmenter l'efficacité du cabotage.....	299
5.5.3	Propositions pour augmenter l'attractivité du cabotage.....	306
	<b>Conclusion.....</b>	<b>310</b>
	 <b>Conclusion générale.....</b>	 <b>314</b>

<b>Annexes.....</b>	<b>319</b>
Annexe 1 : Infrastructure Benchmarks for European Container Ports .....	320
Annexe 2 : Matrices O-D d'assignation de flux routiers à partir des données de l'Enquête transit 1999, Ministère de l'Equipement des transports et du Logement .....	333
Annexe 3 : Données sur les lignes maritimes de cabotage, 2002.....	342
Annexe 4 : Distances maritimes entre 30 ports européens.....	360
Annexe 5: Programme informatique pour l'obtention des chaînes les plus courtes.....	366
Annexe 6 : Résultats de l'analyse (DETCCM).....	386
Index de figures.....	410
Index de cartes.....	414
Index de photos.....	416
Table de matières.....	417

## **Bibliographie**

## Bibliographie

ADREW R. et RODRIGUE J.P, December 1999, "Transport terminals: new perspectives", in *Journal of Transport Geography*, vol.7, n° 4, pp. 237-240

AHN SE-YOUNG, 1989, *Les enjeux de la délocalisation internationale*, Caen, Ed. Paradigme, 301p.

ARNOLD Pierre, BEGUIN Hubert, PEETERS Dominique, THOMAS Isabelle, 1997, « Structure géographique du réseau de transport et localisation optimales », in *Flux* n° 27/28, pp. 9-16

ARTOUS Antoine, SALINI Patrice, 1997, *Comprendre l'industrialisation du transport routier*, Reuil-malmaison, Ed. Liaisons, Collection Transport Logistique, 196 p.

BAUCHET Pierre, 1982, *L'économie du transport International de marchandises, air et mer*, Paris, Economica, 587 p.

BAUCHET Pierre, 1991, *Le transport international dans l'économie mondiale*, Paris, Economica, 530 p.

BAYANT Bruno, CHRETIENNE Philippe, HANEN Claire, 2003, *Exercices et problèmes d'algorithmique : 144 énoncés avec solutions détaillées*, Paris, Dunod, 542 p.

BEREGERON Robert, 1999, « Croissance des flux de conteneurs et avènement d'un mégaport : Gioia Tauro en Calabre ». in *L'information géographique*, no.3,

BERTIN Jean-Claude, 2003, *L'anglais des transports et de la logistique*, Paris, Ellipses, 316 p.

BLACK William, 2003, *Transportation*. New York, USA, The Guilford Publications, 375 p.

BLAUWENS G, DE BAERE P, VAN DE VOORDE E, 2002, *Transport Economics* . Anvers, DE BOECK, 475 p.

BROWN'S, 2002, *Nautical Almanac 2002*, Glasgow, Ed. Brown, Son & Ferguson, LTD, 1005 p.

CANEY R.W, REYNOLDS J.E, 2000, *Reed's Marine Distance Tables*, 8th ed. Revised, Wiltshire, Thomas Reed Publications, 202 p.

CATRAM CONSULTANTS SARL, 2004, *Etude de faisabilité d'une ligne d'intérêt général de transport maritime à courte distance entre un port de la façade atlantique et un*

port du Nord de l'Espagne, Rapport final, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, du Tourisme et de la Mer, 187 p.

CATRAM, 1994, Stratégies des grands armements conteneurisés et dessert terrestre du continent européen, Paris, Ministère de l'Équipement des Transports du Logement du Tourisme et de la Mer, 119 p.

CHARLIER J, 1992, "Ports and hinterland connections" in *Ports as nodal points in a global transport system* Dolman A., Van Ettinger J. (eds.), Oxford, Pergamon Press, pp. 105-121

CHARLIER Jacques 1990, « L'arrière pays national du port du Havre », in *L'Espace géographique*, no.4, 10 p. 325 – 334

CHEVALIER D. et DUPHIL F, 2004, Le Transport, Vanves, Foucher, 248 p.

COGIS Olivier, ROBERT Claudine, 2003, Théorie de Graphes. , Paris , Vuibert, 251 p.

COMMISSION EUROPEENNE, 1995, COM(95)691/final Vers une tarification juste et équitable dans les transports, Luxembourg, Office de publications officielles de la Communauté européenne, 88 p.

COMMISSION EUROPEENNE, 1995, COM(95)317/final *Le transport maritime à courte distance en Europe : perspectives et défis* , Bruxelles, Commission Européenne, 53 p.

COMMISSION EUROPEENNE, 1999, COM 51999 *Goulets d'étranglement au transport maritime à courte distance*, Luxembourg, Office de publications officielles de la Communauté européenne, 17 p.

COMMISSION EUROPEENNE, 1999, SDEC. Schéma de Développement de l'Espace Communautaire. Vers un développement spatial équilibré et durable du territoire de l'Union européenne, Luxembourg, Office de publications officielles de la Communauté européenne, 94 p.

COMMISSION EUROPEENNE, 2001, COM(2001)370/final La politique européenne des transports à l'horizon 2010: l'heure de choix, Bruxelles, Commission des Communautés européennes, 137 p.

COMMISSION EUROPEENNE, 2003, COM(1999)317final *Le développement du transport maritime à courte distance en Europe : une alternative dynamique dans une chaîne de transport durable*, Luxembourg, Office de publications officielles de la Communauté européenne, 22 p.

COMMISSION EUROPEENNE, 2003, COM(2003)155 final Programme pour la promotion du transport maritime à courte distance, Luxembourg, Office de publications officielles de la Communauté européenne, 83 p.

CONFERENCE EUROPEENNE DES MINISTERES DE TRANSPORTS (CEMT), 2001, *Le transport maritime à courte distance en Europe*. Paris, CEMT, 81 p.

CONFERENCE EUROPEENNE DES MINISTRES DE TRANSPORTS (CEMT), 2003, Politiques nationales concernant le transfert des marchandises de la route vers le rail ? Le cas de la Suisse, du Royaume-Uni et de la France ? Paris, CEMT , 57 p.

CONFERENCE EUROPEENNE DES MINISTRES DE TRANSPORTS (CEMT), CENTRE DE RECHERCHES ECONOMIQUES 1998, La desserte terrestre des ports maritimes. Paris, Conférence Européenne des Ministères de Transports, 206 p.

CORMEN Thomas, LIERSON Charles, RIVEST Ronald, 1990, Introduction to algorithms, Massachusetts, USA, MIT press, 982 p.

CRILLEY J., DEAN C.J, 1993, “Short Sea Shipping and the world cargo-carrying fleet, a statistical summary”, in *European Short-Sea-Shipping*, WIJNOLST N, PEETERS C, LIEBMAN. P (eds), London, Lloyd’s of London Press

CURIEN Nicolas, DUPUY Gabriel, 1997, Réseaux de communication : marchés et territoires, Paris, Presses de l’Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 175 p.

DAMIEN Marie-Madeleine, 2001, *Transport et logistique*, Paris, Dunod, 477p.

DAUBRESSE.S Marc Philipe, 1997, Schéma national des plates-formes multimodales, Paris, DATAR, Ministère de l’Equipement des Transports du Logement du Tourisme et de la Mer, 95 p.

DE LANGEN Peter et CHOULY Ariane, 2003, « Régimes portuaires et accès à l’arrière-pays », in Les Cahiers Scientifiques de Transport, no° 44, pp. 77-94

DECURE Jean-Pierre, 2001, « Les transports de marchandises au quatrième trimestre 2000 », in SES INFOS RAPIDES, Ministère de l’Equipement, des Transports et du Logement, n°116, 4 p.

DELLIGER Jean-Claude, 2001, “ Pertinence technique et économique de fret maritime à grande vitesse”, in Journées Techniques et Scientifiques, Paris, Ministère des transports, de l’Equipement, Tourisme et de la Mer, 10 p.

DEMANGEON ERICK, 2002, « Pourquoi le cabotage peine à se développer ? », in Rail & Transports, n° 252, pp. 24-26

DEPARTEMENT DES ETUDES ECONOMIQUE ET STATISTIQUE SERVICE ECONOMIQUE ET STATISTIQUE I.S.M, ESA CONSULTANS, 1998, *Déplacements a longue distance, mesures et analyses actes du colloque organise par le département des études économiques du service économique et statistique avec le concours de la société ESA consultants*, Leuven, Ed.Felnet

DIRECTION DES TRANSPORTS TERRESTRE, 1998, Les Transports Terrestres en 1997, La Défense, Ministère de l’Equipement, des Transports et du Logement, 70 p.

DIRECTION DU TRANSPORT MARITIME, DES PORTS ET DU LITTORAL, MINISTERE DE L’ÉQUIPEMENT, DES TRANSPORTS, DU LOGEMENT, DU

TOURISME ET DE LA MER, 2003, Les ports maritimes français dans les échanges mondiaux, Paris, CRDP Académie de Paris, 117p, CD-ROM

DIRECTION REGIONAL DE L'EQUIPEMENT DE MIDI-PYRENEES, 2002, Atlas Transpyrénéen des Transports, Toulouse, DRE, 102 p.

DROESBEKE F, HALLIN M, LEFEVRE CI, 1987, Les graphes par l'exemple, Paris, Ellipses, 288 p.

DUBREUIL D. et GOUVERNAL E, 2002, Transport intermodal portuaire : le cas de Hambourg, Arcueil, INRETS, Rapport n° 247, 103 p.

DUBREUIL Delphine, 2005, « Le triptyque portuaire est-il toujours pertinent ? L'exemple des services maritimes de cabotage », in Flux, n° 59, pp. 46-58

ECOLE DE LA MARINE MARCHANDE, 1999, Eléments de Navigation : Livre 1, Le Havre, Ecole de la Marine Marchande, 546 p.

ECOLE NAVAL DE BREST, 1980, *Cours de Navigation de l'Ecole Navale*. Livre 4, 233 p.

ESTUR Pierre, 1987, Longs-Cours, Navires et Marins, Paris, Ed. Pen Duick, 120 p.

FRANCK Bernard, 1998, La concurrence portuaire en Europe, Caen, Université de Caen, Laboratoire d'études et de recherches économiques, 44 p.

FREMONT Antoine, 1996, La compagnie générale maritime et l'espace maritime 1945–1995, Thèse de doctorat de géographie, Le Havre, CIRTAI, Université du Havre, 2 vol, 503 p.

GEORGET, C, BRAUD, P, COUTURIER, A, (et al.), 2003, «Séminaire : Short Sea, les acteurs face au marché », Saint-Nazaire, ISEMAR,31 p.

GERMAIN C, HAMELIN P, NIERAT P, 1992, Le transport au quotidien : logiques de production, Arcueil, INRETS, Synthèse INRETS n°18, 32 p.

GOUVERNAL Elisabeth, 2003, " The shipping lines approach to inland haulage. Lessons to be learnt from the Rail Link case", in Maritime Transport; globalisation, regional Integration and Territorial Development, Le Havre, Université du Havre, 21 p.

GOUVERNAL Elisabeth, GUILBAULT Michèle, RIZET Christophe, 1997, Politiques de transport et compétitivité, Paris, HERMES, 158p.

HARRIS John M, HIRST Jeffrey L, MOSSINGHOFF Michael J, 2000, Combinatorics and Graph Theory, New York, Ed Springer, 225 p.

HENRY-LABORDERE Arnaud, 1995, Cours de recherche opérationnelle, Paris, Presses des Ponts et Chaussées, tome 1, 218 p.

HENSHER D, KING J, HOON OUM T, 1996, Proceedings of 7th world conference on transport research. 1, travel behaviour, Oxford, Pergamon, 434 p.

HIVERT L, ORFEUIL J.P, TROULAY,P, 1988, Modèles désagrégés de choix modal, Arcueil, INRETS, Rapport INRETS n° 67, 65 p.

HOUEE Michel, JONG Gerard de, JIANG Fei, 2002, “Modélisation du choix modal en transport de marchandises à partir de la combinaison de données en préférences révélées et déclarées », in Notes de synthèse du SES, Janvier- Février, 8 p.

HOYLE Brian, 1996, (Ed. By) Cityports, Coastal Zones and Regional Change, Southampton, Ed. John Wiley & Sons, 316p.

INTERREG, 2001, *Programme. Etude et analyse des systèmes d'échanges de marchandises à travers les Pyrénées*, Toulouse, Direction Régionale de l'Équipement de Midi Pyrénées.

ISEMAR, 2000, « La création de la valeur ajoutée à la rupture de charge », in Synthèse de l'ISEMAR, n° 25, pp. 1- 4

JLR Conseil, EPYPSA, 2002, *Evaluation du potentiel de report modal dans les échanges avec la Péninsule Ibérique*, Toulouse, DRE, 45 p.

JOLY Olivier et MARTELL Hipolito, 2003, “Infrastructure Benchmarks for European Containers Ports”, in Regional cooperation and economic integration, European and Asian experiences, Incheon, Corée du sud, INHA, University, pp. 147-154

JOLY Olivier, 1999, La structuration des réseaux de circulation maritime : position des plates-formes d'interconnexion en Europe du nord-ouest, Thèse de doctorat en géographie et aménagement. Le Havre, CIRTAI, Université du Havre, 2 volumes, 560 p.

JOURNAL POUR LE TRANSPORT INTERNATIONAL, 2003, “Services des Lignes, Sea Consortium bientôt en Europe”, in Journal pour le transport international, n° 45.46, p.33

LACOSTE R, TERRASSIER N, 2000, « La manutention portuaire de conteneurs en France : vers la consolidation ? », in Synthèse de l'ISEMAR, n° 28, pp. 1-7

LEVY Gérard, 1994, Algorithmique combinatoire, Paris, DUNOD, 501 p.

LIBERTI François, 2002, Davantage de camions sur les navires et moins sur les routes ? Rapport à Monsieur le Premier Ministre sur le développement de lignes régulières de cabotage maritime au départ des ports français, Paris, Assemblée Nationale, 62 p.

LUEZAS Jaime. « Initiatives du système portuaire espagnol d'intérêt national pour diminuer ou éliminer les obstacles à la fluidité du transport », in La facilitation du transport international de marchandises entre les deux rives de la Méditerranée occidentale, Puertos del Estado, pp.141-146

MARLOW Peter B. and PAIXAO CASACA Ana, 2004, "Short Sea Shipping and ITS Role in Logistics Supply Chains : A European Perspective", in *Journal of International Logistics and Trade*, Vol.2, n° 1, pp. 57-68

MARZAGALLI Silva, BONIN Hubert, 2000, *Négoce, ports et océans XVI-XX siècles*, Bordeaux, Presses universitaires de Bordeaux, 454 p.

Mc CALLA R.J, 1999, "Global change, local pain : intermodal seaport terminals and their service areas", in *Journal of Transport Geography*, vol.7, n° 4, pp. 247-254

MERGER Michèle (Ed.), 1995, *Les réseaux européens transnationaux, XIXe-XXe siècles. Quels enjeux ?*, Nantes, Ouest éditions.

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT, 2002, *Les transports de marchandises. Données détaillées structurelles du SES : SITRAM Résultats généraux 2000*, La Défense, Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement, 139 p.

MONTAUT René, 1993, *Transport et écologie : la destruction de l'environnement par le transport*, Agen, Ed. du Troisième millénaire, 77 p.

MORELLET O. et JULIEN H, 1990, M.A.T.I.S.S.E, *Un modèle de trafic intégrant étroitement induction et partage modal*, Arcueil, INRETS, Rapport INRETS n°129, 139p.

MORELLET O. et MARCHAL P, 1995, M.A.T.I.S.S.E, *Un modèle de trafic intégrant étroitement contexte socio-économique et offre de transport*. Arcueil, Rapport INRETS n° 203, 100 p.

NAVIGATION, PORTS & INDUSTRIES, 1992, *Voies Navigables et concurrence interportuaire en Europe*, in *Navigation, Ports and Industries*, n°22, pp. 761-766

NIERAT P, 1991, « Aire de marché des centres de transbordement rail-route : pertinence de la théorie spatiale », *Les Cahiers Scientifiques de Transport*, n° 25, pp.153-164

NIERAT P, 1998, *Anatomie d'un réseau intermodal Hub-and-Spoke*, Arcueil, INRETS, Rapport de l'INRETS, n° 220, 75 p.

OBSERVATOIRE DES TRAFICS AU TRAVERS DES PYRENEES, 2001, *Enquête transit, 1999. Transport routiers de marchandises : résultats et analyses pour les Pyrénées*, Toulouse, DRE, 71 p.

ORTUZAR J. de D. WILLUMSEN L.G. 1994, *Modeling transport*, New York, John Wiley & sons, 439 p.

PONS J,TARON F, 1997, « Le tour de France des plates-formes multimodale » in *le MOCI*, N°.1305, pp. 38-74

PORT INNOVATION, CRITT TRANSPORT HAUT NORMANDIE, 1994, *Entre Maritime & Terrestre gérer la continuité : un colloque sous le haut patronage en présence*

de messieurs Antoine Rufenacht, Président du conseil régional, et Jean Paul Proust, Préfet de Région, Haute-Normandie: Le Havre, CHCI, 20 p.

PORT OF ROTTERDAM, « Shortsea containers more by train and barge », [www.portofrotterdam.com](http://www.portofrotterdam.com) , October 2004.

PREVOST, 1996, « Le transport et les ports maritimes face au développement de l'intermodalité », in *Navigation, Ports and Industries*, n°24, pp. 702-707

PSARAFTIS, H.N., SCHINAS O.D, 1996, “Research in European Shortsea Shipping: the State of the Art,” in *Third European Research Roundtable Conference on Shortsea Shipping*, Bergen, Norway

QUINET Émile, 1998, *Principes d'économie des transports*, Paris, Economica, 419 p.

RODRIGUE Jean-Paul, 1999, “Globalization and the synchronization of transport terminals”, in *Journal of Transport Geography*, vol.7, no.4, pp.255-261

SAVY Michel, 1993, *Logistique et Territoire, Le nouvel Espace de Transports*, Montpellier, Ed. RECLUS, 139 p.

SCHIFFER E, 1996, “Competition Between European Ports and the Effect on Intermodal Developpement”, in *Transportation Research Circular*, n° 459, pp. 137-147

SCHINAS O.D, PSARAFTIS H.N, MARCUS H.S, 1997, “New Frontiers Through Short Sea Shipping”, in *Transactions- Society of Naval Architects and marine Engineers*, vol.105, pp.235-252

SCIUTTO G. BREBBIA C.A, DE LANGEN P.W, 1998, “The future of small and medium sized ports”, in *Maritime Engineering and Ports*, Southampton, Ed. Computational Mechanics publications, pp. 263-279

SEPULVEDA Juan de Lucas, 2000, *Transporte combinado de mercancías carretera-ferrocarril*, Madrid, Ministerio de Fomento, 24 p.

SEXTAN « Port de Sète : deuxième année de recul. Effondrement de conteneurs », site : [www.sextan.com](http://www.sextan.com) Janvier 2004.

SLACK Brian, 1999, “Satellite terminals: a local solution to Hub congestion?”, in *Journal of Transport Geography*, vol.7, no.4, pp.241-246

SLACK Brian, COMTOIS Claude, SLETMO Gunnar, 1996, “Shipping lines as agents of change in the port industry”, in *Maritime Policy and Management*, vol.23, n° 3, pp.289-300

SOPPE Martin. *La structuration des réseaux de transports par les plates-formes de fret entre l'Europe de l'ouest et l'Europe centrale*, Thèse de doctorat en géographie et aménagement. Le Havre, CIRTAI, Université du Havre, 2 volumes, 428 p.

STOUGH Roger, HIGANO Yoshiro, BUTTON Kenneth, 2003, Transport and Information Systems, Cheltenham, Ed. Edward Elgar, Classics in transport analysis, 642 p.

TERRASSIER Nicolas, 1997, Stratégie de développement du transport maritime de lignes régulières, Paris, Ed. Moreux, 317p.

TOURRET Paul, 2003, “Le transport maritime intra-européen, quelles logiques pour quelles perspectives ?”, in Synthèse de l’ISEMAR, n° 53, 4 p.

VIGARIE André, 2004, « La manutention des conteneurs dans le delta du Rhin : des enjeux européens ? », in Transports, n° 425, pp.149-157

WHITELEGG John, 1993, Transport for a Sustainable Future, The Case for Europe, London, Belhaven Press, 195 p.